

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**Departamento de Medicina y Cirugía Animal**



**TESIS DOCTORAL**

**Variables anestésicas como predictores de mortalidad en caballos  
operados de cólico**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Isabel Santiago Llorente**

Directores

**Javier López San Román  
Ignacio Álvarez Gómez de Segura  
María Villalba Orero**

**Madrid, 2016**

# Tesis Doctoral

Variables anestésicas como predictores de la mortalidad en caballos operados de cólico



Universidad Complutense de Madrid

Facultad de Veterinaria

Departamento de Medicina y Cirugía animal

Isabel Santiago Llorente

Madrid, 2015

# Variables Anestésicas Como Predictores De Mortalidad En Caballos Operados De Cólico

**Presentada para la obtención del grado de doctor por la  
Universidad Complutense de Madrid**

**Isabel Santiago Llorente**

**VºBº Director:**

Dr. Javier López San Román

Dr. Ignacio Álvarez Gómez de Segura

Dr. María Villalba Orero

**P**or la presente declaro que esta propuesta es mi propio trabajo y hasta donde yo sé y creo, no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona, ni material que de manera substancial haya sido aceptado para el otorgamiento de premios de cualquier otro grado o diploma de la universidad u otro instituto de enseñanza superior, excepto donde se ha hecho reconocimiento debido en el texto.

**D. Javier López San Román**, Doctor en Veterinaria, Profesor titular del Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid.

**D. Ignacio Álvarez Gómez de Segura**, Doctor en Veterinaria, Profesor titular del Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid.

**Dña. María Villalba Orero**, Doctora en Veterinaria, Investigadora en el Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares de Madrid, Profesora contratada de la Universidad Alfonso X El Sabio.

**C**ertifican que la presente Tesis Doctoral titulada “Variables anestésicas como predictores de mortalidad en caballos operados de cólico”, presentada por Dña. Isabel Santiago Llorente para optar al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias, ha sido realizada bajo mi tutela y dirección, autorizándose para presentación ante el tribunal correspondiente.

Dr.  
Javier López San Román

Dr.  
Ignacio Álvarez Gómez de Segura

Dr.  
María Villalba Orero

**Madrid, a 1 de Noviembre del 2015**

¿Dónde en este ancho mundo se puede hallar nobleza sin orgullo, amistad sin  
envidia, belleza sin vanidad?

Aquí donde la gracia se entrelaza con el músculo y la fuerza con la gentileza.

Él sirve sin servilismo, lucha sin enemistad.

No hay nada más poderoso, nada menos violento; no hay nada más veloz, nada  
más paciente.

Nuestro pasado nace a sus lomos;

Toda nuestra historia es obra suya.

Somos sus herederos, él es nuestra herencia

Ronald Duncan

A los caballos

## Agradecimientos .....

Llegado a este punto, en que por fin he terminado de escribir la tesis, creo que además de estar agradecida a las personas que me han ayudado o han colaborado en el trabajo y que menciono después, también tengo que dar las gracias a muchas personas que por distintas circunstancias me han hecho llegar a este momento profesional y vital y a las que debido a la falta de espacio no puedo dar las gracias como me gustaría.

**A mi familia** por su apoyo en cualquier circunstancia, por inculcarme valores como el esfuerzo, honradez y constancia, por su amor. A Nana, mi brújula. A mi abuela, por poco tiempo no llegó a este momento que le hubiese encantado pero donde esté sé que se sentirá muy orgullosa de mí.

**A Juan** por su apoyo y comprensión, por “aguantarme” en los peores momentos con paciencia; en definitiva, por su amor incondicional.

**A los directores** de esta tesis Javier López San Román, Ignacio Álvarez Gómez de Segura por su ayuda, buenos consejos, correcciones y paciencia.

**A María**, mi tercera directora, persona a la que admiro profundamente por su gran valía profesional pero sobre todo una persona a la que quiero y considero gran amiga, porque sin ella esta tesis no hubiese sido posible, por todos estos años en los que hemos evolucionado y aprendido juntas, por estar siempre...

A mis amigos, compañeros de vida. A Cristina, a Marta. A Paloma, Gons, Yolanda, Mónica y Susana. A Anita y Elenita, a Borja, porque con ellos las alegrías son dobles y las desgracias se dividen por la mitad.

A Pancho, Pepe y Bolacha por tantas horas de compañía...

A Angel “mi primo” mi amigo y compañero en el Hospital Clínico, por ayudarme en la “gymkana” de encontrar las historias de los caballos, por hacer que cada día en el hospital sea mejor.

A Gabriel por sus ánimos y consejos, porque me ha hecho retomar la ilusión por la clínica, porque es un aliciente diario para mejorar.

A todo el personal del área de grandes animales, mozos, personal de limpieza, técnicos. Gracias especialmente a Marisa por tener las máquinas de anestesia, monitores y fármacos a punto y por su sonrisa y ánimos al subir la escalera.

A los alumnos internos y residentes.

A los cirujanos Jaime Goyoaga, Ramón Herrán, Marta Varela y Javier López, director de esta tesis, que realizaron las intervenciones quirúrgicas de las cuales hemos obtenido los datos para la realización de esta tesis.

Gracias a mis compañeros Rafa, Ignacio, María, Celia y Susana que anestesiaron a los caballos objeto de este estudio y que me enseñaron y ayudaron estos años.

A Laura, la secretaria del departamento, por su ayuda con la burocracia.

A Ricardo García por el apoyo que me ha prestado en la realización del análisis estadístico de esta tesis y porque gracias a él he aprendido más estadística de la que jamás hubiese imaginado cuando comencé.

*Muchas  
Gracias!*



# INDICE GENERAL

<b>Capítulo 1: Introducción .....</b>	<b>1</b>
Mortalidad En Medicina Humana .....	3
Mortalidad En Pequeños Animales .....	7
Mortalidad En Caballos.....	10
<b>Capítulo 2: Hipótesis Y Objetivos.....</b>	<b>31</b>
Hipótesis.....	31
Objetivos .....	31
<b>Capítulo 3: Metodología .....</b>	<b>35</b>
Diseño Del Estudio .....	35
Población De Estudio.....	35
Criterios De Inclusión Y Exclusión .....	35
Variables Estudiadas .....	36
Análisis Estadístico .....	43
<b>Capítulo 4: Resultados.....</b>	<b>51</b>
<b>1. Análisis Descriptivo.....</b>	<b>52</b>
1.1 variables prequirúrgicas .....	52
1.2. Variables Anestésicas.....	56
1.3. Variables Quirúrgicas.....	60
1.4. Variables Postquirúrgicas.....	62
<b>2. Análisis Univariante .....</b>	<b>63</b>
2.1 Variables Prequirúrgicas .....	63
2.2 Variables Anestésicas.....	68
2.3 Variables Quirúrgicas.....	75
<b>3. Análisis De Odds Ratio .....</b>	<b>77</b>
<b>4. Análisis Multivariable.....</b>	<b>81</b>
4.1. Arboles De Decisión .....	81
4.2. Ecuación De Regresión Logística .....	90
<b>Capítulo 5: Discusión .....</b>	<b>97</b>
<b>Capítulo 6: Conclusiones .....</b>	<b>119</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>121</b>
<b>Summary.....</b>	<b>127</b>

# TABLAS

Tabla 1. Incidencia de cólico y mortalidad citados en estudios epidemiológicos.....	14
Tabla 2. Mortalidad a corto plazo en caballos operados de cólico.....	16
Tabla 3. Categorías de las variables prequirúrgicas. En las variables categóricas se muestra en negrita la categoría sobre la que se establece el <i>OR</i> . ....	45
Tabla 4. Categorías de las variables anestésicas. En las variables categóricas se muestra en negrita la categoría sobre la que se establece el <i>OR</i> . ....	46
Tabla 5. Categoría de las variables quirúrgicas. En las variables categóricas se muestra en negrita la categoría sobre la que se establece el <i>OR</i> . ....	47
Tabla 6. Análisis descriptivo de las variables prequirúrgicas numéricas. ....	52
Tabla 7. Análisis descriptivo de las variables mes y estación del año. ....	53
Tabla 8. Análisis descriptivo de las variables raza y sexo. ....	54
Tabla 9. Análisis descriptivo de la variable calidad de pulso.....	54
Tabla 10. Análisis descriptivo de la variable color de las mucosas. ....	55
Tabla 11. Análisis descriptivo de la variable grado de dolor. ....	55
Tabla 12. Análisis descriptivo de variables anestésicas numéricas.....	56
Tabla 13. Análisis descriptivo de las variables premedicación, inducción y recuperación.....	57
Tabla 14. Análisis descriptivo de las variables benzodiacepinas, butorfanol, plasma, lidocaina-ketamina y romifidina.....	58
Tabla 15. Análisis descriptivo de la variable duración del procedimiento quirúrgico. ....	60
Tabla 16. Análisis descriptivo de la variable diagnóstico de la lesión. ....	60
Tabla 17. Análisis descriptivo de la variable localización de la lesión. ....	61
Tabla 18. Análisis descriptivo de las variables mortalidad y resultado de la intervención. ....	62
Tabla 19. Análisis univariable de la variable edad en relación con la mortalidad. ....	63
Tabla 20. Análisis univariable de las variables frecuencia respiratoria y cardíaca basales en relación con la mortalidad. ....	64

Tabla 21. Análisis univariable de las variables hematocrito, proteínas plasmáticas y lactato en relación con la mortalidad. ....	65
Tabla 22. Análisis univariable de las variables color de mucosas y calidad de pulso en relación con la mortalidad. ....	66
Tabla 23. Análisis univariable de la variable grado de dolor en relación con la mortalidad. ....	67
Tabla 24. Análisis univariable de las variables frecuencia cardiaca y presión arterial medias en relación con la mortalidad. ....	68
Tabla 25. Análisis univariable de las variables dosis de Ringer-lactato, hipertónico salino total y dosis de vasopresor en relación con la mortalidad. ....	69
Tabla 26. Análisis univariable de las variables fracción espirada media de isofluorano, dióxido de carbono medio espirado, frecuencia respiratoria media y saturación de hemoglobina media en relación con la mortalidad. ....	70
Tabla 27. Análisis univariable de las variables tiempo hasta empezar el procedimiento anestésico, duración del procedimiento anestésico, tiempos a decúbito esternal y a estación en relación con la mortalidad. ....	71
Tabla 28. Análisis univariable de las variables calidad de inducción y recuperación en relación con la mortalidad. ....	72
Tabla 29. Análisis univariable de las variables romifidina y butorfanol en relación con la mortalidad. ....	73
Tabla 30. Análisis univariable de la variable duración del procedimiento quirúrgico en relación con la mortalidad. ....	75
Tabla 31. Análisis univariable de las variables diagnóstico y localización de la lesión en relación con la mortalidad. ....	75
Tabla 32. <i>OR</i> de las variables prequirúrgicas en relación con la mortalidad. ....	77
Tabla 33. <i>OR</i> de las variables anestésicas en relación con la mortalidad. ....	78
Tabla 34. <i>OR</i> de las variables quirúrgicas en relación con la mortalidad. ....	79
Tabla 35. Coordenadas de la curva COR del árbol de decisión sin lactato. ....	88
Tabla 36. Coordenadas de la curva COR del árbol de decisión con lactato. ....	89
Tabla 37. Coordenadas de la curva COR de la ecuación de predicción. ....	92

# FIGURAS

Figura 1. Criterios de exclusión .....	51
Figura 2. Árbol de decisión sin lactato.....	83
Figura 3. Árbol de decisión con lactato.....	85
Figura 4. Curva COR del árbol de decision sin lactato. ....	87
Figura 5. Curva COR del árbol de decision con lactato.....	89
Figura 6. Curva COR de la ecuación de predicción .....	92
Figura 7. Curva COR del árbol sin lactato y de la ecuación de predicción.....	93

## Abreviaturas

**APACHE:**

*Acute physiology and chronic health evaluation*

**APPLE:**

*Acute patient physiologic and laboratory evaluation*

**ATT:**

*Animal trauma triage*

**BISAP:**

*Bedside index for severity in acute pancreatitis*

**CAM:**

*Concentración alveolar mínima*

**CEPEF:**

*Confidential enquiry into perioperative fatalities*

**CO<sub>2</sub>:**

*Dióxido de carbono*

**COR:**

*Característica operativa del receptor*

**CSS:**

*Colic severity score*

**DE:**

*Desviación estándar*

**Et iso:**

*Isoflurano espirado*

**Et CO<sub>2</sub>:**

*Presión parcial de CO<sub>2</sub>*

**FC:**

*Frecuencia cardíaca*

**FR:**

*Frecuencia respiratoria*

**FRISS:**

*Fuerte-rítmico-igual-sincrónico-simétrico*

**GRACE:**

*Global registry of acute coronary events*

**Hto:**

*Hematocrito*

**L-K:**

*Lidocaina-ketamina*

**M:**

*Muertos*

**MPM:**

*Mortality probability models*

**OE:**

*Obstrucción estrangulada*

**OR:**

*Odds ratio*

**OS:**

*Obstrucción simple*

**PAM:**

*Presión arterial media*

**IC:**

*Infusión continua*

**ISO:**

*Isoflurano*

**IV:**

*Intravenoso*

**PA:**

*Presión arterial*

**PAM:**

*Presión arterial media*

**PIM:**

*Pediatric index of mortality*

**POSSUM:**

*Physiological and operative severity score for the enumeration of mortality and morbidity*

**p-POSSUM:**

*Portsmouth-physiological and operative severity score for the enumeration of mortality and morbidity*

**Pt:**

*Proteínas plasmáticas*

**PV**

*Peso*

**R-L**

*Ringer-lactato*

**SAPS:**

*Simplified acute physiology score*

**Sat O<sub>2</sub>:**

*Saturación de la hemoglobina*

**UCI:**

*Unidad de cuidados intensivos*

**V:**

*Vivos*

- **Análisis descriptivo:** *análisis individual de cada variable con la finalidad de obtener medidas de tendencia central, variabilidad, representaciones gráficas, etc...*
- **Análisis multivariable predictivo:** *análisis simultáneo de dos o más variables en el que existe una variable criterio, objetivo o dependiente que se explica o identifica con un conjunto de variables explicativas, independientes o predictoras.*
- **Árbol de decisión:** *es una representación en forma de árbol cuyas ramas se bifurcan en función de los valores tomados por las variables y que terminan en una acción concreta.*
- **Área bajo la curva COR (característica operativa del receptor):** *probabilidad de clasificar correctamente un par de individuos positivo y negativo, seleccionados al azar de la población, mediante los resultados obtenidos al aplicarles la prueba diagnóstica. Es una medida global de la exactitud de una prueba diagnóstica.*
- **Chi-cuadrado:** *prueba estadística que analiza el grado de asociación entre dos variables categóricas.*
- **Curva COR:** *gráfico en el que se observan todos los pares sensibilidad/especificidad resultantes de la variación continua de los puntos de corte en todo el rango de resultados observados.*
- **Especificidad:** *es el porcentaje de individuos negativos que es detectado como tal por el clasificador en el conjunto total de individuos negativos.* **Falsos negativos:** *es el porcentaje de casos clasificados incorrectamente como negativos.*

- **Falsos positivos:** es el porcentaje de casos clasificados incorrectamente como positivos.
- **Intervalo de confianza:** es un rango de valores en el cual se encontraría el valor del parámetro con una probabilidad determinada que suele ser de 95%.
- **Media:** es la suma de los elementos de un conjunto dividido entre el número de elementos.
- **Odds ratio o razón de probabilidades:** es un cociente en el que el numerador es la probabilidad de que ocurra un suceso y el denominador es la probabilidad de que no ocurra, es decir es una forma de expresar la proporción de veces que un suceso ocurra frente a que no ocurra.
- **Predicción correcta total:** es la probabilidad de que un modelo estadístico clasifique correctamente un caso.
- **Prueba de segmentación:** es un método estadístico que permite obtener árboles de decisión mediante la fragmentación progresiva de la muestra
- **Punto de corte:** valor límite que permite resumir los resultados de una escala continua en dos categorías: positivo y negativo.
- **Regresión logística:** es un modelo estadístico que permite predecir el resultado de una variable categórica en función de las variables independientes o predictoras.
- **Regresión paso a paso:** es un proceso semi automático para la obtención de un modelo predictivo que añade la variable más significativa o elimina la menor significativa al modelo en cada paso.

- **Sensibilidad:** es el porcentaje de individuos positivos que es detectado como tal por el clasificador en el conjunto total de individuos positivos.
- **T de Student:** prueba estadística que analiza la diferencia entre las medias teniendo en cuenta la variabilidad de cada conjunto de datos.
- **Valor p:** es un valor que indica la probabilidad de que las diferencias observadas sean debidas al azar.
- **Variable:** valor numérico o característica que difiere entre individuos.
- **Variable cuantitativa o numérica:** es la variable cuyo valor es un número.
- **Variable categórica:** es la variable cuyo valor representa grupos distintos a los que el sujeto puede pertenecer.

---

\*Brugueño, 1995<sup>128</sup>, Cuesta AP, 2009<sup>130</sup>, Cerda, 2012<sup>129</sup>, Rokach, 2014<sup>131</sup>.



# 1

CAPÍTULO

## Introducción

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El término mortalidad perioperatoria se podría definir, en general, como la tasa de muertes que acontecen en un tiempo determinado desde que el paciente ingresa en la clínica u hospital para cirugía. Este término se utiliza como indicador global de la seguridad que presenta un determinado procedimiento quirúrgico y su estudio revela protocolos o condiciones del individuo que, asociados a la cirugía, incrementan el riesgo de muerte. Por ello, y con el objetivo de aumentar la seguridad de los procedimientos quirúrgicos, el estudio de la mortalidad perioperatoria se ha realizado en las últimas décadas en medicina humana, especialmente en los países desarrollados<sup>1</sup>. Otros términos utilizados en las investigaciones epidemiológicas son los de mortalidad operatoria y anestésica pero, debido a que las interacciones complejas entre la fisiopatología, farmacología y las intervenciones técnicas hacen difícil diferenciar si la mortalidad está producida por causas quirúrgicas, anestésicas o una interacción de ambas, los estudios actuales suelen utilizar el término mortalidad perioperatoria.

Otros conceptos importantes son riesgo y factor de riesgo. El riesgo es la oportunidad de que un evento adverso ocurra<sup>2</sup> y, en términos de un evento adverso, se podría decir que el riesgo de muerte en una población es el número de individuos que mueren durante un periodo definido de tiempo dividido entre el número total de individuos pertenecientes a esa población<sup>3</sup>. La definición de factor de riesgo, según la Organización Mundial de la Salud, es cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabili-

dad de sufrir una enfermedad o lesión. A partir del análisis de los factores de riesgo se pueden desarrollar modelos predictivos que tienen en cuenta factores relativos al paciente y/o procedimiento y que permiten conocer a priori este riesgo. Los modelos predictivos se están utilizando cada vez más para complementar el razonamiento clínico y la toma de decisiones<sup>4</sup>, en la medicina moderna en general y en el ámbito cardiovascular en particular.

## MORTALIDAD EN MEDICINA HUMANA

---

### *1. Incidencia*

---

En medicina humana hay multitud de trabajos que describen la mortalidad perioperatoria siendo esta muy diferente dependiendo del tipo de procedimiento y del órgano o sistema afectado y pudiendo oscilar entre el 0% de mortalidad de la artroplastia de rodilla a casi el 50% en la cirugía de reparación de rotura de aneurisma de la aorta torácica<sup>5,6</sup>. En el caso de la cirugía abdominal, la mayoría de estudios realizados sobre mortalidad perioperatoria están centrados en cirugía en pacientes geriátricos (> 65 años) y describen una mortalidad en torno al 20%<sup>7-14</sup>.

Si se tiene en cuenta sólo la mortalidad anestésica, los estudios llevados a cabo en los últimos 30 años en personas muestran un riesgo de mortalidad de aproximadamente 0,001% a 0,05% cuando la causa primaria de muerte es la anestesia y de aproximadamente 0,005% a 0,02% cuando la anestesia tiene un papel importante pero no es la única causa de muerte<sup>15-18</sup>. Se ha identificado una mortalidad en personas de 0,7 % en los 30 días posteriores a la cirugía, aunque la mayoría de los no supervivientes tenían más de 75 años o presentaban una patología coexistente como cáncer o insuficiencia cardiopulmonar<sup>19</sup>.

### *2. Factores de riesgo*

---

Los factores de riesgo asociados a la mortalidad varían según la población estudiada, patología, órgano afectado, tipo de procedimiento quirúrgico y estado de salud previo del paciente. En el caso de la cirugía abdominal factores como clasificación ASA (*American Society of Anesthesiologists*) alta, edad elevada, duración preoperatoria prolongada de la pa-

tología, urgencia elevada de la cirugía y tipo de cirugía (mayor o menor) están asociados con un riesgo mayor de muerte<sup>7-14</sup>.

### *3. Modelos predictivos en la especie humana*

Habitualmente la estimación del pronóstico se realiza de forma individualizada, basándose fundamentalmente en la experiencia y en un intento por homogeneizar la estimación pronóstica, se diseñaron los primeros modelos predictivos. Estos incluían un elevado número de variables a las que se les atribuía de forma subjetiva un valor pronóstico y por tanto eran escasamente aplicables en la mayoría de los pacientes<sup>20</sup>. Posteriormente se han desarrollado instrumentos con base científica para poder emitir un pronóstico más preciso. Estos instrumentos son los modelos probabilísticos de mortalidad. Para su diseño, se identifican mediante el análisis de regresión logística múltiple, las variables que pueden predecir la mortalidad de forma independiente y a partir de estas se obtiene una ecuación matemática que permite una estimación de la probabilidad de morir.

Los modelos predictivos de mortalidad desarrollados se han basado en tres tipos de parámetros, clínicos, fisiológicos y laboratoriales. Los parámetros clínicos obtenidos de la anamnesis o de los documentos clínicos del paciente reflejan la situación previa a la enfermedad aguda. Los fisiológicos incluyen básicamente las constantes vitales en la fase aguda y, aunque algunos modelos utilizan parámetros de laboratorio, su uso de forma aislada es excepcional y se utilizan mucho más frecuentemente asociados a variables clínicas o fisiológicas.

Los modelos predictivos de mortalidad basados en parámetros fisiológicos suelen incluir parámetros obtenidos en un primer contacto con el enfermo por lo que mayoritariamente

han sido desarrollados y utilizados en urgencias y unidades de cuidados intensivos. Uno de los modelos más utilizado es el APACHE (*Acute Physiology and Chronic Health Evaluation*)<sup>21</sup> que surge como un sistema que permite cuantificar la gravedad de la enfermedad a través de 34 variables fisiológicas que expresan la intensidad de la enfermedad en las primeras 24 horas. Aunque de inicio se utilizó en pacientes ingresados en UCI, posteriormente se propuso para otras unidades. Este sistema cuenta con cuatro versiones de las que la más utilizada es APACHE II que tiene en cuenta 12 variables fisiológicas<sup>21</sup>. Otros ejemplos de modelos utilizados en UCI son SAPS II (*Simplified Acute Physiology Score*) que incluye 17 variables fisiológicas y clínicas<sup>20</sup> y MPM II (*Mortality Probability Models*) que incluye 15 variables fisiológicas y clínicas<sup>22</sup> y de los que también se han desarrollado versiones posteriores.

Otros sistemas predictivos de mortalidad se centran en diferentes órganos, patologías y disciplinas. Así el sistema POSSUM (*Physiological and Operative Severity Score for the Enumeration of Mortality and Morbidity*) y p-POSSUM (*Portsmouth-Physiological and Operative Severity Score for the Enumeration of Mortality and Morbidity*) están enfocados a pacientes quirúrgicos y utilizan una escala fisiológica y una escala de severidad quirúrgica para predecir la mortalidad y morbilidad en estos pacientes, siendo el p-POSSUM una modificación que aporta mayor precisión en la predicción de la mortalidad<sup>23</sup>. El BISAP (*Bedside Index for Severity in Acute Pancreatitis*) permite predecir la mortalidad en la pancreatitis aguda<sup>24</sup>, el PIM (*Paediatric Index of Mortality*) predice la mortalidad pediátrica en unidades de cuidados intensivos<sup>25</sup>, el GRACE (*Global Registry of Acute Coronary Events*) es un sistema que predice la mortalidad en el síndrome coronario agudo<sup>26</sup>. Estos sistemas

predictivos se caracterizan por haberse desarrollado y validado sobre poblaciones numerosas y de diferentes centros sanitarios.

## MORTALIDAD EN PEQUEÑOS ANIMALES

---

### *1. Incidencia*

---

Al igual que en medicina humana, en medicina veterinaria de pequeños animales la mortalidad perioperatoria descrita es muy diferente dependiendo del procedimiento y órgano o sistema afectado, pudiendo oscilar entre el 7,6% en esplenectomía y el 40% en intervención de tumores de carótida<sup>27,28</sup>. La mayor parte de estudios sobre mortalidad en cirugía digestiva de pequeños animales se ha realizado en casos de resolución de dilatación y vólvulo gástrico y la mortalidad descrita fue del 3% al 36%<sup>29-33</sup>.

Otros trabajos llevados a cabo en pequeños animales utilizan el término mortalidad perianestésica. Esta se define como la muerte perioperatoria en las 48 horas después de la terminación del procedimiento, excepto si la muerte fue consecuencia de cirugía inoperable o condiciones médicas preexistentes, es decir, cuando la anestesia y sedación no podrían ser razonablemente excluidas de haber contribuido a la muerte<sup>34</sup>. El primer estudio amplio de mortalidad relacionada con la anestesia fue realizado en el Reino Unido y documenta un riesgo de muerte perianestésica en perros y gatos de aproximadamente 0,23% y 0,29% respectivamente<sup>35</sup>, aunque a continuación se ha descrito un riesgo de mortalidad relacionada con la anestesia de 0,1% - 0,2% para perros y gatos<sup>34,36-38</sup> respectivamente.

### *2. Factores de riesgo*

---

Los factores de riesgo descritos inicialmente en la mortalidad perianestésica en perros y gatos incluyen un mal estado de salud, edad avanzada, monitorización escasa, intubación endotraqueal en gatos y posible asociación con la raza en perros<sup>35,37,39</sup>. Posteriormente se



identificaron factores de riesgo que anteriormente no se habían descrito incluyéndose el uso de pulsioximetría y monitorización del pulso que disminuía el riesgo, el uso de fluidoterapia en gatos, que incrementaba el mismo y la administración de isoflurano como agente de mantenimiento después de la inducción con un agente inyectable, que reduce el riesgo comparado con el uso de halotano únicamente<sup>40</sup>.

En el caso de la resolución de dilatación y vólvulo gástrico se han descrito como factores de riesgo el tipo de cirugía realizada, la presencia de obnubilación, arritmias cardíacas, necrosis gástrica, hipotensión, sepsis, peritonitis y coagulación vascular diseminada<sup>29-33</sup>. En otro tipo de procedimientos quirúrgicos como la cirugía torácica se ha citado el uso de hemoderivados y bloqueantes neuromusculares así como el requerimiento de preoxigenación y la duración prolongada de la cirugía como factores de riesgo de muerte<sup>41</sup>.

### *3. Modelos predictivos en pequeños animales*

---

En pequeños animales se han desarrollado algunos modelos predictivos de mortalidad que, a diferencia de los modelos de humanos, han sido realizados en colectivos considerablemente más pequeños. Los principales modelos descritos se han desarrollado en unidades de cuidados intensivos, en urgencias y en unidades de medicina interna y tienen en cuenta variables fisiológicas y laboratoriales. En cuanto a la mortalidad intraoperatoria de perros y gatos se refiere, se han creado dos sistemas predictivos denominados APPLE full (*Acute Patient Physiologic and Laboratory Evaluation*) con 10 y 8 variables en perros y gatos respectivamente y APPLE fast con 5 variables. Estos modelos utilizan principalmente variables fisiológicas y laboratoriales y se diseñaron para la predicción de mortalidad en pa-

cientes ingresados en la UCI<sup>42</sup>. Además se han desarrollado modelos en los que la predicción de la mortalidad está determinada en días u horas y que tienen en cuenta variables fisiológicas, como el modelo ATT (*Animal Trauma Triage*) para pacientes ingresados por trauma agudo con predicción de mortalidad a 7 días<sup>43</sup>, el modelo Glasgow modificado para trauma de cabeza con predicción a 48 horas<sup>44</sup> y el Apgar modificado para recién nacidos y con predicción a 24 horas<sup>45</sup>.

## MORTALIDAD EN CABALLOS

---

En los caballos, a diferencia de humanos y pequeños animales en que las intervenciones quirúrgicas se suelen clasificar en función del órgano o sistema afectado, las cirugías se dividen en cirugías de urgencias y programadas, siendo la mayoría de los casos de urgencia cirugías de cólico en las que la mortalidad es más elevada que en los procedimientos programados.

### Cirugías programadas

---

#### *1. Incidencia*

---

La mortalidad perioperatoria en caballos es elevada en comparación con humanos y pequeños animales. Así en estudios unicéntricos se describe una mortalidad entre 0,6% y 1,8% que aumenta por encima del 5% si se incluyen caballos con patología sistémica<sup>46-51</sup>.

En los estudios multicéntricos denominados CEPEF (*confidential enquiry into perioperative equine fatalities*) se observó una mortalidad del 0,9 % en caballos intervenidos quirúrgicamente de diversas patologías excepto cólico<sup>52,53</sup>.

A continuación se analizan los factores de riesgo perioperatorio en caballos operados en cirugías programadas

## **2. Factores de riesgo**

---

### ***Factores de riesgo relacionados con el caballo***

- **Sexo:** machos y hembras presentan el mismo riesgo, al igual que las hembras preñadas y no preñadas. Sin embargo cuando se tiene en cuenta el momento de gestación se observa que las yeguas en el tercer trimestre presentan un mayor riesgo de muerte perioperatoria<sup>52</sup>.
- **Edad:** los potros menores a una semana presentan el riesgo de muerte más elevado, y los caballos mayores de 12 años presentan un riesgo de muerte aumentado aunque inferior al de los potros<sup>52,53</sup>.
- **Raza:** no existe un efecto de la raza en la mortalidad perioperatoria<sup>54</sup>.
- **Estado físico:** presenta relación con la mortalidad teniendo aquellos caballos clasificados como de riesgo medio o alto según su estado físico, mayor riesgo de mortalidad que aquellos clasificados como de bajo riesgo<sup>54</sup>. También se describe el estado físico como un factor de riesgo en la mortalidad en procedimientos programados, siendo los caballos clasificados con estado 3 (compromiso cardiovascular o respiratorio severo) los que presentan un riesgo mayor<sup>50</sup>.

### ***Factores de riesgo quirúrgicos o de procedimiento:***

- **Tipo de cirugía:** la mayoría de los procedimientos quirúrgicos presentan un riesgo similar de muerte con excepción de la cirugía de cólico, cesáreas y fracturas que presentan un riesgo aumentado de muerte en comparación con las cirugías de garganta, orejas, ollares y otros<sup>52-54</sup>.

- **Posición del paciente:** los caballos situados en posición de decúbito lateral presentan un riesgo menor de, aproximadamente, un tercio del presentado por aquellos situados en decúbito dorsal<sup>52</sup>.
- **Mes del año:** agrupando los meses del año en que se llevó a cabo la cirugía en trimestres se observa una reducción en el riesgo de las operaciones realizadas en el último trimestre<sup>52</sup>.
- **Día de la semana:** las cirugías llevadas a cabo durante el fin de semana presentan mayor riesgo que las realizadas entre semana<sup>53</sup>.
- **Hora:** el momento en el que la cirugía tiene lugar también está asociado con un aumento en el riesgo de muerte perioperatoria. Las cirugías entre las 18 h y las 20 h y entre la medianoche y las 6 h de la mañana presentan un riesgo aumentado<sup>52,53</sup>.

### ***Factores de riesgo relacionados con la anestesia***

- **Premedicación:** el uso de detomidina o detomidina- acepromacina disminuye el riesgo, sin embargo, el uso de xilacina sola o la ausencia de premedicación aumenta el riesgo de muerte<sup>52</sup>. La premedicación con acepromacina está asociada con un riesgo reducido de muerte cuando se utiliza sola. El uso de romifidina sola o combinada con otros fármacos está asociada con una tendencia al incremento en el riesgo pero la ausencia de premedicación se asocia con el mayor riesgo de muerte<sup>53</sup>.
- **Inducción:** el uso de guaifenesina-tiopental, ketamina o tiopental presenta un riesgo similar de muerte. Sin embargo, las inducciones con halotano presentan

un riesgo de muerte mayor y, si se compara el uso de guaifenesina-ketamina con guaifenesina-tiopental, la primera combinación presenta un mayor riesgo<sup>52</sup>.

En un estudio posterior no se observan diferencias en el riesgo asociado con el uso de ningún agente inductor anestésico<sup>53</sup>.

- **Mantenimiento:** el uso de fármacos anestésicos diferentes al halotano no supone un incremento del riesgo de muerte del paciente. Los procedimientos en los que no se emplea un fármaco anestésico de mantenimiento presentan un riesgo reducido<sup>52</sup>. La anestesia total intravenosa está asociada con una reducción significativa de riesgo de mortalidad perioperatoria y la inhalatoria total está asociada con un aumento marcado en el riesgo de muerte<sup>53</sup>. Posteriormente se evaluó si el uso de halotano o isoflurano como fármaco de mantenimiento afectaba a la mortalidad perioperatoria y aunque no se encontraron diferencias entre los dos fármacos, se observa que el isoflurano disminuye el riesgo de mortalidad en caballos entre 2 y 5 años de edad y que la muerte por parada cardíaca estaba reducida en los casos en que se utiliza isoflurano, particularmente en casos de alto riesgo<sup>54</sup>.
- **Duración de la anestesia:** existe un aumento del riesgo de muerte perioperatoria a medida que aumenta la duración de la anestesia, siendo los procedimientos de más de 4 horas de duración los que presentan mayor riesgo<sup>52</sup>.
- **Ventilación mecánica:** se ha sugerido una asociación entre el uso de ventilación mecánica y un incremento en el riesgo de muerte<sup>54</sup>.

## Cirugías de cólico

---

Se denomina cólico al conjunto de patologías que se manifiestan con signos de dolor abdominal, identificándose como los signos más frecuentes los siguientes: revolcarse, escarbar continua o intermitentemente, tumbarse por largos periodos de tiempo, tumbarse repetidamente, mirarse los flancos, apoyarse incómodamente en una esquina, elevar el belfo superior, golpearse el abdomen con un pie, estirarse y adoptar frecuentes posturas de micción<sup>55</sup>.

El cólico es una causa considerable de muerte en caballos y es la que presenta mayor porcentaje de todas las causas de muerte (28%) incluyendo edad avanzada y traumatismos como fracturas<sup>56-58</sup>. La incidencia del cólico ha sido referida por muchos estudios con varias definiciones de la población en riesgo y oscila entre el 3,5% al 10,6%<sup>56,59</sup>. La mortalidad en estos estudios varía de 0,2% al 11%<sup>58,60</sup> (tabla 1).

**Tabla 1. Incidencia de cólico y mortalidad citados en estudios epidemiológicos.**

Referencia	Incidencia %	Mortalidad %
Tinker y col., 1997	10,6	0,7
Kaneene y col.,1997	3,5	0,5
Hillyer y col.,2001	7,2	0,5
Traub-Dargatz y col.,2001	4,2	11
Mehdi y Mohammad,2006	8,6	0,8
Egenvall y col.,2008	0,9	0,2

El cólico equino puede ser dividido en dos categorías según su origen: gastrointestinal y no gastrointestinal<sup>61</sup>. Los casos de cólico no gastrointestinal pueden ser excluidos normalmente basándose en los hallazgos de la exploración física; estos incluyen signos de incomodidad abdominal debido a urolitiasis urinaria y afecciones de los sistemas reproductor, nervioso, respiratorio o musculoesquelético<sup>61</sup>. Las causas de cólico gastrointestinal son distensión intestinal, tensión en la raíz del mesenterio, isquemia, úlceras profundas de estómago o intestino y dolor peritoneal<sup>61</sup>. Se ha descrito que en un 80% a 85% de los casos que presentan cólico no se identifica una patología específica y responden al tratamiento médico o se resuelven de forma espontánea<sup>56,62,63</sup>.

Los estudios realizados en caballos con cólico muestran un predominio de la obstrucción simple y del cólico espasmódico con impactaciones diagnosticadas en, aproximadamente, el 10% de los caballos afectados<sup>62</sup>. Las patologías obstructivas o estranguladas que requieren cirugía representan el 2-4% de los casos de cólico, aunque algunos factores de riesgo en ciertas poblaciones pueden aumentar este porcentaje<sup>56</sup>. Se ha descrito el porcentaje de cólicos quirúrgicos entre el 1,3% y el 17%<sup>56,58,59,64,65</sup>.

## ***1. Incidencia***

La mortalidad perioperatoria descrita para los caballos intervenidos de cólico es muy variable y oscila entre el 13% y 66%<sup>66,67</sup>. (tabla 2)



**Tabla 2. Mortalidad a corto plazo en caballos operados de cólico.**

<b>Referencia</b>	<b>Nº de casos</b>	<b>Mortalidad %</b>
<b>Pascoe y col.,1983</b>	341	35
<b>Puoutunen-Reinert.,1986</b>	161	34
<b>White, 1986</b>	2055	48
<b>McCarthy y Hutchins, 1988</b>	74	66
<b>Reeves y col.,1990</b>	666	30
<b>Phillips y Walmsley, 1993</b>	151	28
<b>Furr y col., 1995</b>	165	21
<b>Mee y col., 1998</b>	792	35
<b>Grulke y col., 2001</b>	200	46
<b>Proudman y col., 2002</b>	321	13
<b>Van der Linden y col., 2003</b>	181	54
<b>Ihler y col., 2004</b>	46	52
<b>Abutarbush y col, 2005</b>	277	27
<b>Mair y Smith, 2005</b>	300	30
<b>Proudman y col., 2006</b>	774	14
<b>Muñoz y col.,2008</b>	468	30
<b>Sutton y col.,2009</b>	136	34
<b>Wormstrand y col., 2014</b>	297	46

## **2. Factores de riesgo**

Existe un interés considerable en la determinación del pronóstico de la supervivencia de los caballos aquejados de cólico debido a causas como el coste económico y emocional para los propietarios y por el deseo de minimizar el sufrimiento de los caballos. Para ello es importante identificar las variables que actúan como factores de riesgo en la mortalidad perioperatoria.

### ***Factores de riesgo relacionados con el caballo***

- **Sexo:** en la mayoría de los trabajos se observa asociación entre el sexo y la mortalidad<sup>68,69</sup>, sin embargo, en un estudio se observa una mortalidad significativamente menor en machos<sup>70</sup>.
- **Edad:** existe asociación entre el incremento de edad y el riesgo de mortalidad perioperatoria<sup>68</sup>, aunque algunos autores no encuentran diferencia en la mortalidad según la edad<sup>69,71</sup>.
- **Raza:** los caballos pura sangre inglés y cruces con este y los de tiro presentan un mayor índice de mortalidad que el resto de razas<sup>68</sup>, no obstante otros trabajos no describen relación entre mortalidad y raza<sup>69,70</sup>.
- **Grado de dolor:** algunos autores describen una mayor mortalidad en caballos que presentan dolor severo<sup>71</sup> pero en un estudio se presentó un aumento en la mortalidad intraoperatoria en los caballos que mostraron menos signos de dolor abdominal severo en la admisión<sup>68</sup>.
- **Estado cardiovascular:** se han identificado como factores de riesgo de mortalidad perioperatoria la presencia de frecuencia cardíaca y/o hematocrito elevados en la

admisión de caballos de cólico así como la aparición de mucosas cianóticas o hiperémicas y el tiempo de relleno capilar aumentado<sup>68,70-74</sup>. Por otro lado, los caballos con las proteínas plasmáticas bajas en el momento de la inducción presentan mayor mortalidad<sup>70</sup> y los que muestran un incremento en la concentración de lactato plasmático en la admisión y a las 24 y 72 horas sobreviven menos a una cirugía abdominal de urgencia<sup>75</sup>.

- **Localización de la lesión:** varios estudios muestran diferencias significativas en la mortalidad de los caballos con cólico dependiendo del tramo de intestino afectado. Se ha descrito una mortalidad menor en los casos en que la lesión se localiza en el intestino grueso comparado con aquellos en que la lesión se sitúa en el intestino delgado<sup>69-72,76</sup>. Teniendo en cuenta los segmentos del intestino grueso, se observa una mortalidad menor en los casos en que la lesión se encontraba en el ciego o colon mayor<sup>77</sup>. Sin embargo, otros autores observan una mortalidad mayor si la lesión se localizaba en el ciego en comparación con colon menor y mayor<sup>71,72</sup>.
- **Tipo de lesión:** la mortalidad en los caballos que presentan una obstrucción estrangulada es mayor que la de aquellos que presentan una obstrucción simple<sup>69,71,77,78</sup> y dentro de las lesiones estranguladas la que menor supervivencia presenta es el atrapamiento en el foramen epiploico<sup>79</sup>. Los caballos con el intestino delgado o grueso desvitalizado presentan mayor mortalidad en comparación con aquellos con el intestino delgado o grueso no desvitalizado<sup>70</sup>. Si se tiene en cuenta también los casos en los que se diagnostica una enteritis se identifica un elevado porcentaje de supervivencia en ellos<sup>78</sup>.

- **Duración del cólico:** existe relación entre la duración del cólico previa a la remisión y la supervivencia en caballos operados de cólico<sup>80</sup>.

***Factores de riesgo quirúrgico o de procedimiento:***

- **Duración de la cirugía:** es un factor de riesgo importante en la mortalidad de los caballos operados de cólico<sup>79</sup>. Los caballos cuyas cirugías de cólico tienen duración prolongada (más de 165 minutos) presentan mayor mortalidad<sup>77</sup>.
- **Técnica quirúrgica:** las obstrucciones estranguladas de intestino delgado que requieren resección quirúrgica están asociadas a mayor mortalidad comparado con las obstrucciones simples que no requieren resección<sup>71</sup>. Las yeyunocecostomías están asociadas con una supervivencia disminuida y un elevado porcentaje de complicaciones comparado con otras cirugías de intestino delgado<sup>80,81</sup>.
- **Formación del cirujano:** cuando se ha determinado la posible influencia en la mortalidad de la formación del cirujano, se observa un aumento de la supervivencia en aquellos caballos intervenidos por un cirujano certificado<sup>72</sup>.
- **Veterinario remitente:** el riesgo de mortalidad aumenta en cirugías de cólico dependiendo del veterinario remitente<sup>68</sup>.

***Factores de riesgo relacionados con la anestesia***

Varios estudios retrospectivos establecen que la anestesia en cirugías abdominales de urgencia está asociada a muerte perioperatoria<sup>47,50,82</sup>. La anestesia general de urgencia por cólico presenta un aumento en el riesgo de muerte de 10 veces el riesgo en cirugías programadas aunque en los pacientes que presentan compromiso cardiovascular es difícil de-

terminar si la muerte se ha producido por el procedimiento anestésico, por la patología o por ambos<sup>50</sup>.

- **Administración prequirúrgica e intraoperatoria de fluidos:** la administración de suero hipertónico está asociada a un aumento de la mortalidad intraoperatoria<sup>68</sup>.
- **Duración de anestesia:** se ha observado una mayor supervivencia en los procedimientos anestésicos más cortos<sup>50,70</sup>.

Otros parámetros que han sido considerados en diversos estudios pero que no han mostrado relación con la mortalidad han sido el peso y volumen preoperatorio de bicarbonato y Ringer-lactato administrados<sup>70</sup>, administración de dobutamina o fenilefrina<sup>83</sup>, protocolo de inducción<sup>68,70</sup>, utilización de isoflurano como agente de mantenimiento anestésico y empleo de ventilación mecánica<sup>68</sup>.

### ***Odds ratio***

---

Una manera de determinar el riesgo de mortalidad es mediante el cálculo de *odds ratio* (*OR*). Este método permite valorar el riesgo de cada variable individualmente. Los *OR* de variables prequirúrgicas, quirúrgicas, postoperatorias y anestésicas de caballos sometidos a cirugía de cólico han sido descritos para su asociación con la mortalidad en varios trabajos<sup>68,69,71,72,84</sup>. Los *OR* en relación con la mortalidad de posibles variables de riesgo en caballos operados de cólico en los que se realizó resección de intestino delgado son *OR* de 29,7 para el ileo paralítico, *OR* de 18 para la repetición de celiotomía y *OR* de 5,6 para frecuencia cardíaca elevada<sup>84</sup>.

En la valoración del riesgo de muerte según el tipo de lesión y localización, las obstrucciones isquémicas de intestino delgado presentaron un *OR* de 3,2 frente a las obstrucciones simples, las obstrucciones isquémicas de intestino grueso presentaron un *OR* de 14,2 frente a las obstrucciones simples y las lesiones isquémicas que se resecaron presentaron un *OR* de 0,08 frente a las que permanecían en el interior del abdomen <sup>71</sup>. Cuando se valoró el riesgo de muerte mediante *OR* de tres variables que son el color de las mucosas, el tratamiento médico o quirúrgico y la presencia de lesión estrangulada o no estrangulada se obtuvo como resultado que los caballos con mucosas anormales presentaron un *OR* de 6,6 frente a mucosas normales, que los que requirieron tratamiento quirúrgico presentaron un *OR* de 4,6 frente a tratamiento médico y un *OR* de 3,8 en caballos con lesión estrangulada frente a no estrangulada <sup>69</sup>.

En otro trabajo se describió que los caballos de tiro presentaron un riesgo aumentado de muerte (*OR*=5,45) y los caballos con dolor moderado o severo un riesgo disminuido (*OR*=0,5 y 0,45 respectivamente) <sup>68</sup>.

Cuando se describieron *OR* de supervivencia, los caballos con lesión en el colon mayor presentaron un *OR* de 2 comparado con las lesiones en intestino delgado, las mucosas con apariencia anormal presentaron un *OR* disminuido (0,4) comparado con las mucosas normales y la especialización del cirujano presentó un *OR* de 2,5 en comparación con la no especialización <sup>72</sup>.

### **3. Modelos predictivos en los caballos**

---

A partir del análisis y selección individual de las variables con posible valor predictivo de mortalidad, algunos autores han desarrollado modelos multivariable basados en diversas pruebas de regresión logística o segmentación con el fin de identificar que variables en conjunto predicen mejor la probabilidad de muerte de un caballo con cólico y para el desarrollo de modelos predictivos. Las variables que se han utilizado en estos modelos son principalmente variables fisiológicas y laboratoriales. En el estudio del posible valor pronóstico de siete variables utilizadas en el examen rutinario de caballos con cólico médico o quirúrgico, se analizaron las variables en 469 casos obteniendo una asociación entre la mortalidad y la frecuencia cardiaca, el hematocrito y la intensidad de los signos de cólico. Con estas variables se diseñó una ecuación de regresión logística para la predicción de la mortalidad, obteniéndose una capacidad de predicción global del 82%<sup>85</sup>. En otro trabajo se valoraron retrospectivamente 17 variables fisiológicas y laboratoriales en 29 caballos con cólico médico o quirúrgico. De las variables analizadas el hematocrito y el lactato sérico tuvieron valor predictivo y, aplicando una ecuación de regresión logística con estas dos variables, obtuvieron un índice pronóstico de supervivencia que presentó un 94% de sensibilidad, 50% de especificidad y un valor predictivo total del 76%. El valor positivo de predicción fue del 72% y de predicción negativa de 85%. En este mismo estudio se aplicó esta ecuación a un grupo de validación de 36 caballos obteniendo un 96% de sensibilidad y un 69% de especificidad<sup>86</sup>.

Posteriormente se realizó un estudio retrospectivo con 308 caballos remitidos por cólico en el que plantean dos modelos multivariable (I y II) para la determinación del pronóstico en caballos con cólico médico o quirúrgico. Se analizaron parámetros fisiológicos y laborato-

riales y de estos se seleccionaron aquellos con valor pronóstico incluyendo en un primer modelo las variables siguientes: edad, sexo, clasificación médica o quirúrgica, tiempo de relleno capilar, hematocrito y frecuencia cardíaca y en un segundo modelo: edad, sexo, clasificación médica o quirúrgica, tiempo de relleno capilar, bicarbonato sérico, cloro sérico y frecuencia respiratoria. Aplicando una ecuación de regresión logística con las variables descritas en ambos modelos se obtuvo un 89% de sensibilidad y 77% de especificidad con un valor predictivo positivo de 75% y negativo de 88% en el primer modelo y un 88% de sensibilidad y 72% de especificidad con un valor predictivo positivo de 81% y negativo de 83% en el segundo modelo. Estos modelos no fueron validados en otra población equina<sup>87</sup>.

En otro trabajo se desarrolló un modelo pronóstico multivariable para caballos con cólico examinando a 666 caballos referidos a 10 hospitales. Se utilizaron las variables sexo, edad, raza, fuerza del pulso periférico, tratamiento quirúrgico o médico, hematocrito, presencia o ausencia de autolesiones y tiempo de relleno capilar<sup>88</sup>. Este modelo fue validado posteriormente con caballos de 5 hospitales universitarios, 5 hospitales privados y 10 veterinarios ambulantes demostrando la validez del modelo pronóstico<sup>89</sup>.

Un modelo predictivo desarrollado a partir del resultado de cólico médico o quirúrgico realizado examinando 165 caballos se denominó CSS (*Colic Severity Score*) y estaba basado en el sistema APACHE de medicina humana. Se evaluaron 32 parámetros laboratoriales y fisiológicos que, tras un análisis univariable se redujeron a 12 y aplicando un modelo de regresión logística se obtuvo que las variables con capacidad pronóstica eran la frecuencia cardíaca, las proteínas totales en líquido peritoneal, la concentración de lactato en sangre y



la apariencia de las mucosas. Basándose en los valores obtenidos en la regresión logística los autores asignaron un valor numérico a cada variable. Este modelo fue validado en un segundo grupo de 71 caballos obteniendo que en los casos en los que el CSS fue mayor de 7 todos los caballos murieron, mientras que el 75% de los caballos en los que el CSS fue menor o igual a 7 vivieron. Los resultados mostraron una sensibilidad del 67%, una especificidad del 100%, un valor predictivo positivo del 100% y una predicción negativa del 92%<sup>90</sup>.

En la evaluación de 200 casos de cólico quirúrgico, se estableció un marcador de gravedad (GS) basado en cuatro parámetros fisiológicos que estimaban la obstrucción intestinal (palpación rectal, motilidad, distensión abdominal, dolor) y que se agruparon en tres categorías en orden ascendente de gravedad para determinar si tenían valor pronóstico. También se atribuyó un marcador de shock (SS) a cada caso basado en seis parámetros cardiovasculares (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial sistólica, hematócrito, concentración de lactato sanguíneo y urea) que también fueron agrupados en tres categorías en orden ascendente de gravedad. Se observó una diferencia significativa en la supervivencia entre las distintas categorías de GS y de SS. Aplicando un modelo de regresión logística multivariable se obtuvo que los caballos clasificados como GS3 presentaron 11 veces más probabilidad de morir que aquellos clasificados como GS1. En un modelo en el que se combinan los dos marcadores se observó un riesgo asociado de 7,1 para GS3 comparado con GS1 y de 7,2 para SS3 comparado con SS1<sup>91</sup>.

Teniendo en cuenta variables fisiológicas y laboratoriales medidas en el periodo prequirúrgico en caballos de cólico como indicadores predictivos y separando aquellos que reciben

tratamiento médico de los que recibieron tratamiento quirúrgico, se obtuvo un modelo final multivariable la frecuencia cardíaca y la presencia de mucosas hiperémicas o cianóticas fueron predictivos en el caso de cólicos quirúrgicos y el área bajo la curva fue de 0,94<sup>73</sup>.

Se han desarrollado árboles de decisión con el objetivo de determinar la necesidad de cirugía en caballos con cólico, considerando el árbol más viable el desarrollado a partir de una prevalencia del 15% de los casos quirúrgicos. En este caso la proporción de caballos incorrectamente diagnosticados y que no necesitaban cirugía inmediata (falsos negativos) fue baja y la proporción de caballos incorrectamente diagnosticados y que necesitaban cirugía inmediata (falsos positivos) fue elevada<sup>92</sup>.

En un trabajo en el que se realizó un modelo multivariable para predecir la supervivencia a corto plazo en caballos sometidos a cirugía abdominal se desarrollaron dos árboles de decisión. El primero realizado en base a variables prequirúrgicas (árbol PRE) obtenidas del examen físico y biopatológico y otro en el que se combinaron las variables mencionadas con otras obtenidas en el periodo intraoperatorio (árbol PRE + INTRA). Los valores de sensibilidad y especificidad para el árbol PRE fueron respectivamente 66% y 80% y para el árbol PRE+INTRA 80% y 79% respectivamente. Se realizó la validación del modelo de predicción mediante su aplicación a una población diferente dentro del mismo centro observándose, con ambos árboles, una disminución de la sensibilidad y un ligero aumento en los valores relacionados con la especificidad<sup>93</sup>.

## JUSTIFICACIÓN

El cólico es una patología con una incidencia elevada dentro de las poblaciones equinas y, aunque la mayoría de los casos se resuelven con tratamiento médico, una minoría son fatales si no son tratados quirúrgicamente<sup>59</sup>. El tratamiento del cólico quirúrgico es caro y la información sobre el resultado del procedimiento quirúrgico es requerida por propietarios y cirujanos para tomar decisiones acerca del tratamiento más apropiado para cada caso<sup>61</sup>. La identificación de los factores de riesgo de mortalidad así como los modelos predictivos desarrollados hasta el momento han demostrado su utilidad y están basados principalmente en el análisis de variables preoperatorias clínicas y laboratoriales e intraoperatorias quirúrgicas y no incluyen parámetros de la monitorización anestésica intraoperatoria. Estos parámetros presentan varias características ventajosas como son la exactitud, ya que su medición no depende del criterio subjetivo de un observador y además describen el estado cardiovascular y ventilatorio del paciente que, como se ha comprobado en estudios anteriores (aunque en el periodo preoperatorio), son factores de riesgo de la mortalidad en caballos operados de cólico.

La mayoría de estudios realizados referentes al pronóstico de los caballos operados de cólico describen como factores de riesgo asociados a la mortalidad factores relacionados con el estado preoperatorio del paciente y factores relacionados con el procedimiento quirúrgico. Estos estudios destacan un aumento de riesgo de muerte asociado al compromiso cardiovascular, duración de la cirugía y patología<sup>68,70–72,84</sup>.

Aunque se han realizado multitud de estudios de mortalidad perioperatoria en caballos y la influencia de distintas variables en el pronóstico, sólo algunos trabajos tienen en cuenta

la influencia de ciertas variables anestésicas como el protocolo de premedicación, de inducción y el agente inhalatorio utilizado en el mantenimiento<sup>52-54</sup>. Sin embargo, estos estudios han sido realizados en caballos intervenidos en procedimientos distintos al cólico. En el único trabajo llevado a cabo con el objetivo de identificar algunas variables anestésicas asociadas con la mortalidad perioperatoria en caballos operados de cólico, las variables que se tuvieron en cuenta fueron el uso de suero hipertónico y el fármaco anestésico inductor e inhalatorio utilizados<sup>68</sup>. En nuestro estudio valoramos la influencia del uso de ciertos fármacos y fluidos en la mortalidad perioperatoria pero también tuvimos en cuenta las variables cardiovasculares y respiratorias intraoperatorias y las variables de calidad de recuperación, así como los tiempos anestésicos, hasta empezar la cirugía y de recuperación.

Consideramos que las variables cardiovasculares y respiratorias anestésicas intraoperatorias podrían tener valor pronóstico ya que las variables que describen el estado cardiovascular son buenos indicadores pronósticos. Además en el periodo intraoperatorio se miden otras variables como son la saturación de oxígeno, el CO<sub>2</sub> espirado y la presión arterial invasiva que aportan una información adicional sobre el estado cardiovascular, ventilatorio y del equilibrio ácido-base.



# CAPÍTULO

## Hipótesis y Objetivos

## **CAPÍTULO 2: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **HIPÓTESIS**

---

La inclusión de variables anestésicas en los modelos pronósticos permite obtener una buena capacidad predictiva de mortalidad perioperatoria en los caballos operados de cólico.

### **OBJETIVOS**

---

Para demostrar la hipótesis planteada, se plantean los siguientes objetivos obtenidos a partir de una población de caballos intervenidos quirúrgicamente de cólico en el HCVC entre julio de 2005 y mayo de 2014.

#### ***Primer objetivo***

Realizar un estudio descriptivo de las variables prequirúrgicas, anestésicas y quirúrgicas.

#### ***Segundo objetivo***

Identificar las variables asociadas con la mortalidad perioperatoria y determinar el riesgo asociado a las mismas.

#### ***Tercer objetivo***

Desarrollar modelos predictivos multivariable y determinar la capacidad predictiva de cada uno de ellos

A large, light gray, stylized number '3' serves as a background for the chapter title.

# CAPÍTULO

# Metodología

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

### DISEÑO DEL ESTUDIO

---

En la presente tesis se propone un estudio descriptivo, retrospectivo y longitudinal realizado en base a las historias clínicas y registros anestésicos de caballos del **Hospital Clínico Veterinario Complutense de Madrid**.

### POBLACIÓN DE ESTUDIO

---

Los individuos objeto de estudio son caballos intervenidos, bajo anestesia general, de cirugía abdominal en el Servicio de Cirugía del Área de Grandes Animales del Hospital Clínico Veterinario Complutense de Madrid entre julio de 2005 y mayo de 2014.

### CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

---

#### ***Criterios de inclusión***

- Caballos intervenidos de cólico con edad superior a 1 año.

#### ***Criterios de exclusión***

- Caballos con un peso inferior a 250 kg.
- Pacientes reintervenidos de cólico.



- Pacientes que se fracturaron en el periodo de recuperación.
- Caballos cuyos registros anestésicos no aportasen información completa referente a los parámetros anestésicos monitorizados a lo largo del procedimiento quirúrgico.
- Caballos en cuyas historias clínicas no figurase la supervivencia o el diagnóstico y localización de la lesión.

## VARIABLES ESTUDIADAS

---

Los datos correspondientes a las variables con las que fue realizado este estudio se extrajeron tanto de las historias clínicas como de los registros anestésicos, recopilándose en una base de datos electrónica (Microsoft Office Excel 2007) para su análisis posterior.

Estas variables se dividieron en prequirúrgicas, anestésicas y quirúrgicas que a su vez podían ser numéricas o categóricas. La única variable postquirúrgica y parte central del estudio fue la supervivencia de los animales intervenidos.

Las variables anestésicas intraoperatorias se determinaron a lo largo de cada intervención quirúrgica siendo registradas cada 15 minutos.

A continuación se describen todas las variables incluidas en el estudio. En el caso de las variables numéricas se especifica la unidad en que fueron tomadas y en el caso de variables categóricas se mencionan las diversas categorías o rangos asignados a cada una de ellas.

## **1. Variables prequirúrgicas**

---

### **Variables prequirúrgicas numéricas**

---

- **Edad:** expresada en años.
- **Peso (PV):** kilogramos medidos en balanza de suelo en el momento del ingreso del caballo. (Equivet 1000 equine scales, Kruuse, Dinamarca).
- **Frecuencia cardíaca basal (FC basal):** latidos por minuto medidos por auscultación cardíaca por el anestesista de guardia. (Fonendoscopio littman master classic II, 3M USA).
- **Frecuencia respiratoria basal (FR basal):** respiraciones por minuto medidas mediante observación por el anestesista de guardia.
- **Hematocrito (Hto):** porcentaje (QBC centrifugal hematology system, Becton dickinson, USA).
- **Proteínas plasmáticas (Pt):** gramos por decilitro (Refractómetro Atago T2-NE, USA).
- **Glóbulos blancos (GB):** células por microlitro (QBC centrifugal hematology system, Becton dickinson, USA).
- **Lactato sanguíneo (Lactato):** milimoles por litro (Accutrend plus, Roche Suiza).

### **Variables prequirúrgicas categóricas**

---

- **Mes:** mes del año en que se realizó la intervención quirúrgica.
- **Estación:** estación del año en que se realizó la intervención quirúrgica considerando invierno los meses de enero, febrero y marzo, primavera los meses de abril, mayo y junio, verano los meses de julio, agosto y septiembre y otoño los meses de octubre, noviembre y diciembre.
- **Raza:** se consideraron tres categorías que son pura raza español (PRE), cruzado y otros agrupándose en esta última categoría los caballos de raza pura sangre inglés, tiro, pony, lusitano, centroeuropeo y pura raza árabe.
- **Sexo:** se consideraron las categorías macho, hembra y castrado.

- **Color de las mucosas:** se evaluó en la mucosa oral, clasificándose en cianóticas, congestivas, pálidas, ictéricas y rosadas.
- **Calidad de pulso:** se evaluó en la arteria facial por parte del anestesista de guardia clasificándose como débil o FRISS (fuerte-rítmico-igual-sincrónico-simétrico).
- **Grado de dolor:** se determinó en base a la presencia de dolor y la severidad de este por parte del anestesista de guardia, asignándose a cada categoría un valor numérico, clasificándose en ausencia de dolor (0), dolor leve (1), moderado (2) y severo (3).

Las analíticas sanguíneas fueron realizadas en el laboratorio de urgencias del Servicio de Biopatología del Hospital Clínico Veterinario Complutense por el veterinario interno de guardia.

## 2. Variables anestésicas

---

### Variables anestésicas numéricas

---

- **Tiopental total (Tiopental):** gramos administrados en la inducción.
- **Frecuencia cardiaca media (FC anest.):** media de los registros de latidos por minuto durante el procedimiento anestésico.<sup>a</sup>
- **Frecuencia respiratoria media (FR anest.):** media de los registros de respiraciones por minuto durante el procedimiento anestésico.<sup>b</sup>
- **Presión arterial media (PAM):** media de los registros de presión arterial media en mmHg durante el procedimiento anestésico.<sup>a</sup>
- **Fracción espirada media de isoflurano (Et iso):** media de los registros del porcentaje de isoflurano espirado durante el procedimiento anestésico.<sup>b</sup>
- **Dioxido de carbono medio espirado (Et CO2):** media de los registros de la presión parcial de dióxido de carbono en mmHg durante el procedimiento anestésico.<sup>b</sup>
- **Saturación de hemoglobina media (Sat O2):** media de los registros del porcentaje de saturación de hemoglobina durante el procedimiento anestésico.<sup>a</sup>
- **Dosis de Ringer lactato (R-L):** mililitros por kilogramo por hora administrado durante el procedimiento anestésico.
- **Hipertónico salino total (Hipertónico):** litros administrados durante el procedimiento anestésico.
- **Dosis de vasopresor (Vasopresor):** microgramos por kilogramo por minuto de dobutamina administrados durante el procedimiento anestésico.
- **Tiempo hasta empezar el procedimiento quirúrgico (T° inicio):** diferencia entre el momento de la intubación y el primer estímulo doloroso quirúrgico expresado en minutos.

---

<sup>a</sup> Monitor Vetcare, B Braun Alemania

<sup>b</sup> Monitor PM8050, Dräger, Medizintechnik, Alemania

- **Duración del procedimiento anestésico (T° anestésico):** tiempo desde el momento de la intubación hasta la extubación expresado en minutos.
- **Tiempo a decúbito esternal (T° decúbito):** tiempo transcurrido desde que el caballo es depositado en el box de recuperación hasta que se sitúa en decúbito esternal expresado en minutos.
- **Tiempo a estación (T° estación):** tiempo transcurrido desde que el caballo es depositado en el box de recuperación hasta que se sitúa de pie expresado en minutos.
- **Número de intentos a estación (N° intentos):** número de intentos para situarse en estación desde que el caballo es depositado en el box de recuperación.

### Variables anestésicas categóricas

---

- **Calidad de la premedicación (Calidad prem.):** se clasificó, por parte del anestesista, según la aparición de signos de sedación deseables en bueno, regular y malo asignándose a cada categoría el valor numérico 3, 2 y 1 respectivamente.
- **Calidad de la inducción (Calidad ind.):** se clasificó, por parte del anestesista, según la calidad del derribo y profundidad anestésica en bueno, regular y malo asignándose a cada categoría el valor numérico 3, 2 y 1 respectivamente.
- **Administración de benzodiacepinas (Benzodiacepinas):** se determinó como si o no, ya que en caso afirmativo la dosis fue siempre la misma (0,04 mg/kg, I.V. de midazolam o 0,04 mg/kg, I.V. de diacepam).
- **Administración de romifidina (Romifidina):** se determinó como si o no, ya que en caso afirmativo la dosis fue siempre la misma (0,008 mg/kg, I.V.).
- **Administración de butorfanol (Butorfanol):** se determinó como si o no, ya que en caso afirmativo la dosis fue siempre la misma (0,05 mg/kg, I.V.).
- **Administración de plasma (Plasma):** se determinó como si o no, ya que en caso afirmativo la dosis fue siempre la misma (5 ml/kg, I.V.).
- **Administración de lidocaina-ketamina (L-K):** se administró en infusión y se determinó como si o no, ya que en caso afirmativo la dosis fue siempre la misma (3mg/kg/h, I.V.).
- **Calidad de recuperación (Calidad rec.):** se clasificó en muy buena (5), buena (4), regular (3), mala (2), muy mala (1) (modificada de Young y Taylor, 1993<sup>49</sup>).

### 3. Variables quirúrgicas

---

#### Variables quirúrgicas numéricas

---

- **Duración del procedimiento quirúrgico (Tº cirugía):** tiempo transcurrido desde la incisión del abdomen hasta la finalización de la sutura del mismo expresado en minutos.

#### Variables quirúrgicas categóricas

---

- **Diagnóstico de la lesión (Diagnóstico):** se clasificó como inflamación en caso de enteritis y/o colitis y/o peritonitis, obstrucción simple en caso de impactación, desplazamiento o presencia de enterolito y obstrucción estrangulada en caso de torsión, vólvulo, presencia de hernia o invaginación.
- **Localización de la lesión (Localización):** se clasificó en función del lugar del aparato digestivo en que se identificó la lesión pudiendo ser estómago, intestino delgado, ciego, colon mayor, colon menor y mixtas.

#### **4. Variables postquirúrgicas**

---

##### **Variables postquirúrgicas categóricas**

---

- **Mortalidad:** se clasificaron como muertos aquellos caballos que no sobrevivieron al periodo en que estuvieron ingresados en el centro independientemente de que la muerte se produjera por causas anestésicas, quirúrgicas, de co-morbilidad o eutanasia y como vivos aquellos que recibieron el alta hospitalaria.
- **Resultado de la intervención:** se describió como muerte a pacientes eutanasiados o muertos desde la intervención hasta 7 días después de la misma y vivos los supervivientes a partir de ese día.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

---

La base de datos en la que se incluyó la información recogida de las variables descritas, fue referida para su procesamiento estadístico al área de Apoyo a la investigación, dependiente de los Servicios Informáticos de la Universidad Complutense de Madrid. El análisis estadístico fue realizado con los **programas SPSS19 y SAS 9.4**.

En el caso de las variables numéricas se presenta la media, desviación estándar y los valores máximo y mínimo. En el caso de las variables categóricas se presenta la frecuencia, porcentaje, frecuencia acumulada y porcentaje acumulado.

### *Análisis descriptivo:*

Se analizó cada variable obteniéndose tablas de frecuencia en el caso de las variables categóricas y la media y estadísticos básicos en el caso de las variables numéricas.

### *Análisis univariable:*

La valoración de la asociación de cada variable individual prequirúrgica, anestésica o quirúrgica con la variable postquirúrgica de mortalidad se realizó mediante el test de  $t$  de Student en el caso de variables numéricas y mediante el test de chi-cuadrado en el caso de variables categóricas, considerándose significativas aquellas variables que presentaron una  $p < 0,05$ .

El riesgo de muerte asociado a cada variable individual se estableció mediante la determinación de  $OR$  y su correspondiente intervalo de confianza. Para ello se establecieron dos



categorías para cada variable, agrupando las variables numéricas y categóricas en función de criterios clínicos o según valores descritos por diversos autores<sup>94 95</sup> (tabla 3,4 y 5).

### ***Árboles de decisión:***

Se realizó un análisis de segmentación mediante el algoritmo chaid que generó árboles de decisión para predecir la mortalidad. Las condiciones establecidas fueron una  $p < 0,05$  y un tamaño de muestra inferior a 20 casos para romper un nodo padre y un tamaño de muestra inferior a 10 casos para generar nodos hijos. Se generaron dos árboles uno con 328 casos y sin tener en cuenta la variable lactato y otro con 112 casos en el que se consideraba dicha variable. Cada nodo terminal define una regla predictiva y muestra el número de casos que verifica la combinación de valores que representa dicho nodo junto con el porcentaje de individuos vivos y muertos. Además, con cada árbol se realizó la curva COR correspondiente con la que identificamos los pares de sensibilidad/especificidad resultantes de la variación continua de los puntos de corte y se obtuvo el valor denominado área bajo la curva que evalúa la capacidad de predicción del modelo.

### ***Ecuación de regresión logística:***

El desarrollo de esta ecuación se realizó mediante el método paso a paso que realiza la selección de variables entre las que presentaban una  $p > 0,05$  y que optimizan el ajuste del modelo, aunque en este caso se suprimió la variable lactato por el número elevado de casos perdidos. La ecuación permite obtener una probabilidad de muerte o índice pronóstico. Al igual que en el caso de los árboles de decisión, también se realizó la curva COR correspondiente, obteniéndose, así mismo, el valor área bajo la curva.

**Tabla 3. Categorías de las variables prequirúrgicas.**

Variables prequirúrgicas	
Numéricas	Categorización
Edad (años)	$\leq 12$
Peso (kg)	$\leq 500$
Frecuencia cardiaca basal (ppm)	$\leq 44$
Frecuencia respiratoria basal (rpm)	$\leq 16$
Hematocrito (%)	$\leq 47$
Proteínas plasmáticas (g/dl)	$\leq 7,9$
Glóbulos blancos (cél/microlitro)	$\leq 14300$
Lactato sanguíneo (mmoles/l)	$\leq 4$
Variables categóricas	Categorización
Mes	<b>Calor</b> /Frío
Estación	<b>Invierno + otoño</b> / primavera + verano
Raza	<b>Resto</b> / PRE
Sexo	<b>Castrado + hembra</b> / entero
Color de las mucosas	<b>Otros</b> / rosadas
Calidad de pulso	<b>Débil</b> / FRISS
Grado de dolor	<b>No</b> / si

**Calor:** abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre. **Frío:** octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo.

**Resto:** cruzado + otros. **Otros:** cianóticas + congestivas + ictericas + pálidas. **No:** ausencia + leve; **Si:** moderado + severo.

Se muestra en negrita la categoría sobre la que se establece el *OR*.

**Tabla 4. Categorías de las variables anestésicas.**

Variables anestésicas	
Numéricas	Categorización
Tiopental total (g)	$\leq 0$
Frecuencia cardiaca media (ppm)	$\leq 60$
Frecuencia respiratoria media (rpm)	$\leq 8$
Presión arterial media (mmHg)	$\leq 70$
Fracción espirada media de isoflurano (%)	$\leq 1,8$
Dioxido de carbono medio espirado (mmHg)	$\leq 45$
Saturación de hemoglobina media (%)	$\leq 95$
Dosis de Ringer-lactato (ml/kg/h)	$\leq 10$
Hipertónico salino total (l)	$\leq 0$
Dosis de vasopresor (microg/kg/min)	$\leq 1$
T° inicio (min)	$\leq 30$
T° anestésico (min)	$\leq 150$
T° decúbito (min)	$\leq 30$
T° estación (min)	$\leq 60$
N° intentos (min)	$\leq 2$
Catóricas	Categorización
Calidad de la premedicación	<b>Malo/</b> regular+bueno
Calidad de la inducción	<b>Malo/</b> regular+bueno
Administración de benzodiacepinas	<b>No/si</b>
Administración de romifidina	<b>No/si</b>
Administración de butorfanol	<b>No/si</b>
Administración de plasma	<b>No/si</b>
Administración de Lidocaina-ketamina	<b>No/si</b>
Calidad de recuperación	<b>Mala / buena</b>

**Mala:** regular+mala+muy mala. **Buena:** buena+ muy buena.

Se muestra en negrita la categoría sobre la que se establece el OR.

**Tabla 5. Categoría de las variables quirúrgicas.**

Variables quirúrgicas	
Numéricas	
Tº cirugía (min)	< 120
Categorías	
Diagnóstico	<b>OE / OS</b>
Localización	<b>Intestino grueso/</b> intestino delgado

En las variables categóricas se muestra en negrita la categoría sobre la que se establece el OR.

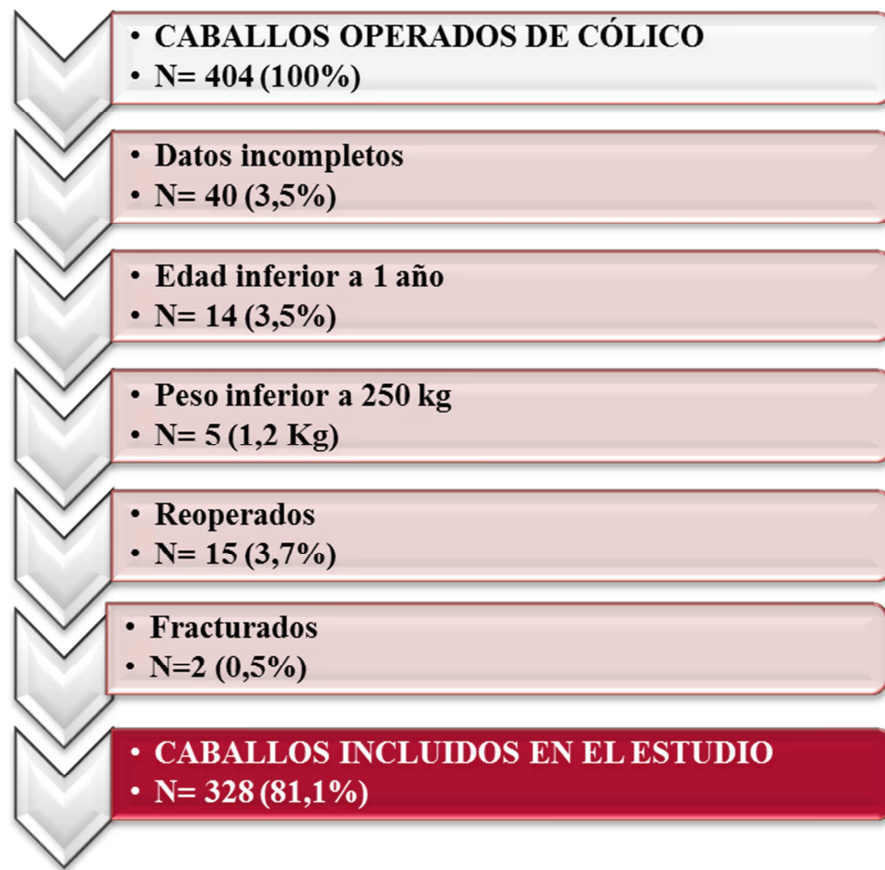
# 4

## CAPÍTULO

# Resultados

## **CAPÍTULO 4: RESULTADOS**

De 404 caballos anestesiados de cólico en el Servicio de Cirugía del Área de Grandes Animales del Hospital Clínico Veterinario Complutense de Madrid entre julio de 2005 y mayo de 2014, y tras aplicar los criterios de exclusión detallados en el apartado de metodología, finalmente fueron incluidos 328 caballos en el estudio.



**Figura 1. Criterios de exclusión**

## 1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

A continuación se muestra el análisis descriptivo de las variables prequirúrgicas, anestésicas, quirúrgicas y postquirúrgicas.

### 1.1 VARIABLES PREQUIRÚRGICAS

#### A. Variables numéricas

**Tabla 6. Análisis descriptivo de las variables prequirúrgicas numéricas.**

Variable	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo
<b>Edad (años)</b>	258	70	8,7	4,9	1	26
<b>PV (Kg)</b>	328	0	505,7	74	250	800
<b>FC basal (ppm)</b>	326	2	57,7	18,6	24	120
<b>FR basal (rpm)</b>	323	5	26,8	11,2	8	70
<b>Hto (%)</b>	328	0	39,4	8,7	20	76
<b>GB (cel/microl)</b>	232	96	11690	4883	1906	36000
<b>Pt (g/dl)</b>	328	0	6,6	1	3,8	10,5
<b>Lactato (mmoles/l)</b>	112	226	4,3	2,4	0,9	15

N, número de casos; DE, desviación estándar de la media.

## B. Variables categóricas

- **Mes y estación del año:** el mayor número de casos se observó en los meses de mayo y julio y el menor en marzo y en invierno siendo similar en otoño, primavera y verano.

**Tabla 7. Análisis descriptivo de las variables mes y estación del año.**

Mes	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Enero	21	6,4	21	6,4
Febrero	22	6,7	43	13,1
Marzo	19	5,8	62	18,9
Abril	25	7,6	87	26,5
Mayo	36	10	123	37,5
Junio	28	8,5	151	46,1
Julio	35	10,7	186	56,7
Agosto	29	8,8	225	65,6
Septiembre	23	7	248	72,7
Octubre	33	10	271	82,6
Noviembre	28	8,5	299	91,2
Diciembre	29	8,8	328	100
TOTAL	328			

Estación	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Invierno	62	18,9	62	18,9
Otoño	90	27,4	152	46,3
Primavera	89	27,1	241	73,5
Verano	87	26,5	328	100
TOTAL	328			



- **Raza y sexo:** el mayor número de casos por raza se observó en la categoría cruzado con porcentajes algo inferiores para los caballos PRE y para la categoría otros. Más de la mitad de casos intervenidos correspondió a machos enteros y el menor número correspondió a hembras.

**Tabla 8. Análisis descriptivo de las variables raza y sexo.**

<b>Raza</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>PRE</b>	109	33,2	109	33,2
<b>Cruzado</b>	127	38,7	236	71,9
<b>Otros</b>	92	28,1	328	100
<b>TOTAL</b>	328			

<b>Sexo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>Castrado</b>	83	25,3	83	25,3
<b>Hembra</b>	65	19,8	148	45,1
<b>Macho</b>	180	54,9	328	100
<b>TOTAL</b>	328			

- **Calidad de pulso:** el número de casos fue mayor en la categoría FRISS, siendo casi el doble del número de casos de la categoría débil. Se perdieron 5 casos en los que no se registró el valor de la variable.

**Tabla 9. Análisis descriptivo de la variable calidad de pulso.**

<b>Calidad de pulso</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>Débil</b>	116	35,9	116	35,9
<b>FRISS</b>	207	64,1	323	100
<b>TOTAL</b>	323			

- **Color de las mucosas:** el mayor número de casos se observó en la categoría rosadas y el menor en la categoría de mucosas ictericas.

**Tabla 10. Análisis descriptivo de la variable color de las mucosas.**

Color mucosa	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Cianóticas	31	9,4	31	9,6
Congestivas	93	28,3	124	37,8
Ictéricas	6	1,8	130	39,6
Pálidas	78	23,8	208	63,4
Rosadas	120	36,6	328	100
TOTAL	328			

- **Grado de dolor:** el número de casos en las categorías ausencia y moderado fue similar. Sin embargo, el número de casos de la categoría leve fue inferior.

**Tabla 11. Análisis descriptivo de la variable grado de dolor.**

Grado de dolor	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Ausencia	122	37,2	122	37,2
Leve	24	7,3	146	44,5
Moderado	126	38,4	272	82,9
Severo	56	17,1	328	100
TOTAL	328			

## 1.2. VARIABLES ANESTESICAS

### A. Variables numéricas

**Tabla 12. Análisis descriptivo de variables anestésicas numéricas.**

Variable	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo
Tiopental (g)	328	0	0,3	0,5	0,0	5,5
FC anest. (ppm)	328	0	48,4	17,6	24,3	133,3
FR anest. (rpm)	328	0	8	1	5	13,8
PAM (mmHg)	328	0	75,5	15,4	20	116,9
Et iso (%)	328	0	1,8	0,2	1	2,1
Et CO2 (mmHg)	328	0	42,5	5,8	31	77,5
Sat O2 (%)	328	0	96,7	4,4	41	100
R-L (ml/kg/h)	328	0	12,8	7,2	4	72
Hipertónico (l)	327	0	0,4	0,8	0,0	4
Vasopresor (microg/kg/min)	328	0	1	0,5	0,0	3,1
T° inicio(min)	328	0	36,6	15	5	81
T° anestésico (min)	328	0	134,6	56,6	20	350
T° decúbito (min)	235	93	20,7	23,8	0,0	228
T° estación (min)	235	93	37,7	29,4	0,0	229
N° intentos	240	88	2,6	1,9	0,0	16

N, número de casos; DE, desviación estándar de la media.

## B. Variables categóricas

■ **Calidad de la premedicación, inducción y recuperación:** el número de caballos con efecto de la premedicación y de la inducción bueno fue mayor que el número de caballos en el resto de categorías. La mayoría de los casos presentaron una calidad de recuperación buena.

**Tabla 13. Análisis descriptivo de las variables premedicación, inducción y recuperación.**

Premedicación	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Malo (1)	24	7,3	24	7,3
Regular (2)	8	2,4	32	9,8
Bueno (3)	296	90,2	328	100
<b>TOTAL</b>	328			

Inducción	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Malo (1)	25	7,6	25	7,6
Regular (2)	50	15,2	75	22,9
Bueno (3)	253	77,1	328	100
<b>TOTAL</b>	328			

Recuperación	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Muy mala (1)	7	2,9	7	2,9
Mala (2)	36	14,8	43	17,6
Regular (3)	66	27	109	44,7
Buena (4)	100	41	209	85,7
Muy buena (5)	35	14,3	244	100
<b>TOTAL</b>	244*			

\* Se perdieron 84 casos en los que no se registró el valor de la variable.

■ **Administración de benzodiacepinas, butorfanol, plasma, lidocaína-ketamina y romifidina:** el número de caballos en los que se utilizaron benzodiacepinas fue casi la mitad de los casos en los que no se usó. El número de casos en los que se administró butorfanol fue menor que en los casos en que no se administró. El número de casos en que no se utilizó plasma y una infusión de lidocaína-ketamina fue mayor al número de casos en que sí se usó. En la mayoría de los casos se empleó romifidina, en los casos que se sacrificaron en el quirófano no se administró este fármaco.

**Tabla 14. Análisis descriptivo de las variables benzodiacepinas, butorfanol, plasma, lidocaína-ketamina y romifidina.**

<b>Benzodiacepinas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>No</b>	221	67,4	221	67,4
<b>Si</b>	107	32,6	328	100
<b>TOTAL</b>	323*			

<b>Butorfanol</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>No</b>	185	56,4	185	56,4
<b>Si</b>	143	43,6	328	100
<b>TOTAL</b>	328			

<b>Plasma</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>No</b>	323	98,5	323	98,5
<b>Si</b>	5	1,5	328	100
<b>TOTAL</b>	328			

<b>L-K</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>No</b>	308	93,9	308	93,9
<b>Si</b>	20	6,1	328	100

<b>TOTAL</b>	328			
<b>Romifina</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>Porcentaje acumulado</b>
<b>No</b>	51	15,6	51	15,6
<b>Si</b>	214	65,2	265	80,8
<b>Sacrificados</b>	63	19,2	328	100
<b>TOTAL</b>	328			

\* Se perdieron 5 casos en los que no se registró el valor de la variable.

### 1.3. VARIABLES QUIRURGICAS

#### A. Variables numéricas

##### ■ Duración del procedimiento quirúrgico

Tabla 15. Análisis descriptivo de la variable duración del procedimiento quirúrgico.

Variable	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo
Tº cirugía	328	0	98	49,8	4	300

N, número de casos; DE, desviación estándar de la media.

#### B. Variables categóricas

■ **Diagnóstico de la lesión:** el número de casos fue mayor en caso de obstrucción estrangulada y obstrucción simple en comparación con la patología inflamatoria y con la patología mixta.

Tabla 16. Análisis descriptivo de la variable diagnóstico de la lesión.

Diagnóstico	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Inf	11	3,4	11	3,4
Mix	8	2,4	19	5,8
OE	145	44,2	164	50
OS	164	50	328	100
TOTAL	328			

- **Localización de la lesión:** el colon mayor fue la porción con mayor número de casos y el estómago el que menos casos presentó.

**Tabla 17. Análisis descriptivo de la variable localización de la lesión.**

Localización	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
CM	185	56,4	185	56,4
Ci	10	3,1	195	59,5
Cm	9	2,7	204	62,2
Est	1	0,3	205	62,5
ID	115	35,1	320	97,6
Mix	8	2,4	328	100
<b>TOTAL</b>	328			



## 1.4. VARIABLES POSTQUIRURGICAS

---

### A. Variables categóricas

---

- **Mortalidad y resultado de la intervención:** el número de casos que murieron tanto a los siete días como durante el ingreso fue menor que los que sobrevivieron.

**Tabla 18. Análisis descriptivo de las variables mortalidad y resultado de la intervención.**

Mortalidad	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
M	129	39,3	129	39,3
V	199	60,7	328	100
TOTAL	328			

Resultado	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
M	114	34,8	114	34,8
V	214	65,2	328	100
TOTAL	328			

## 2. ANÁLISIS UNIVARIABLE

En el análisis univariante se tuvo en cuenta los casos que murieron y los que sobrevivieron y fueron dados de alta describiendo las variables numéricas en primer lugar y a continuación las variables categóricas.

### 2.1 VARIABLES PREQUIRÚRGICAS

---

#### A. Variables numéricas

---

No se encontraron diferencias significativas en los parámetros de glóbulos blancos y peso ( $p > 0,05$ ). Las variables en las que se hallaron diferencias significativas se describen a continuación.

**Tabla 19. Análisis univariante de la variable edad en relación con la mortalidad.**

Edad							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	99	30	9,7	5,8	1	26	0,0176
V	159	40	8	4,3	1	21	
TOTAL	258	70					

M, muertos; V, vivos; N, número de casos; DE, desviación estándar de la media; p, significación

**Tabla 20. Análisis univariable de las variables frecuencia respiratoria y cardíaca basales en relación con la mortalidad.**

FR basal							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
<b>M</b>	128	1	29,5	12,1	8	70	0,0008
<b>V</b>	195	4	25,1	10,3	8	60	
<b>TOTAL</b>	323	5					
FC basal							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
<b>M</b>	128	1	66,6	18,7	36	120	<0,0001
<b>V</b>	198	1	52	16,1	24	112	
<b>TOTAL</b>	326	2					

**M**, muertos; **V**, vivos; N, número de casos; DE, desviación estándar de la media; p, significación

**Tabla 21. Análisis univariable de las variables hematocrito, proteínas plasmáticas y lactato en relación con la mortalidad.**

Hto							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	43,5	9,6	25	76	<0,0001
V	199	0	36,6	6,8	20	74	
TOTAL	328	0					
Pt							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	6,8	1,2	4	10,5	0,0045
V	199	0	6,6	0,9	3,8	9	
TOTAL	328	0					
Lactato							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	42	87	5,6	3	1,2	15	0,0001
V	70	129	3,6	1,4	0,9	8	
TOTAL	112*	216					

**M**, muertos; **V**, vivos; N, número de casos; DE, desviación estándar de la media; p, significación. \* Se perdieron 216 casos en los que no se registró el valor de la variable.

La media de edad de los caballos que murieron fue mayor que la de los caballos que sobrevivieron. En el caso de la frecuencia cardíaca y respiratoria basales y hematocrito, proteínas plasmáticas y lactato sanguíneo, los caballos que murieron presentaron valores superiores a los que sobrevivieron.

## B. Variables categóricas

No se encontraron diferencias significativas en los parámetros: mes, estación, sexo, raza ( $p>0,05$ ). Las variables en las que se hallaron diferencias significativas se describen a continuación.

**Tabla 22. Análisis univariable de las variables color de mucosas y calidad de pulso en relación con la mortalidad.**

Color de las mucosas			
N (%)	M	V	TOTAL
Cianóticas	21 (67,7%)	10 (32,3%)	31
Congestivas	50 (53,8)	43 (46,2%)	93
Ictéricas	1 (16,7%)	5 (83,3%)	6
Pálidas	28 (35,9%)	50 (64,1%)	78
Rosadas	29 (24,2%)	91 (75,8%)	120
<b>TOTAL</b>	129	199	328

Calidad de pulso			
N (%)	M	V	TOTAL
Débil	76 (65,5%)	40 (34,5%)	116
FRISS	51 (24,6%)	156 (75,4%)	207
<b>TOTAL</b>	127	196	323*

M, muertos; V, vivos; N, número de casos. \* Se perdieron 5 casos en los que no se registró el valor de la variable.

**Tabla 23. Análisis univariable de la variable grado de dolor en relación con la mortalidad.**

Grado de dolor			
N (%)	M	V	TOTAL
Ausencia (0)	40 (32,8%)	82 (67,2%)	122
Leve (1)	4 (16,7%)	20 (83,3%)	24
Moderado (2)	48 (38,1 %)	78 (61,9%)	126
Severo (3)	37 (66,1%)	19 (33,9%)	56
TOTAL	129	199	328

M, muertos; V, vivos; N, número de casos.

Los caballos que presentaron mucosas congestivas, cianóticas, pulso débil y dolor severo presentaron mayor mortalidad que aquellos que presentaron las mucosas rosadas, ictéricas o pálidas, pulso FRISS y dolor ausente, leve o moderado.

## 2.2 VARIABLES ANESTÉSICAS

### A. Variables numéricas

No se encontraron diferencias significativas en los parámetros dosis total de tiopental y nº intentos ( $p > 0,05$ ). Las variables en las que se hallaron diferencias significativas se describen a continuación.

**Tabla 24. Análisis univariable de las variables frecuencia cardiaca y presión arterial medias en relación con la mortalidad.**

FC anest							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	57,5	20,7	26,7	133,3	<0,0001
V	199	0	42,4	12	24,3	92,7	
TOTAL	328	0					
PAM							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	66,4	16,6	20	101,6	<0,0001
V	199	0	81,4	11,1	46,4	116,9	
TOTAL	328	0					

**M**, muertos; **V**, vivos; N, número de casos; DE, desviación estándar de la media; p, significación.

**Tabla 25. Análisis univariable de las variables dosis de Ringer-lactato, hipertónico salino total y dosis de vasopresor en relación con la mortalidad.**

R-L							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	P
M	129	0	17,1	8,9	5	72	<0,0001
V	199	0	10,1	4	4	28	
TOTAL	328	0					
Hipertónico							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	P
M	129	0	0,7	1	0,0	4	<0,0001
V	198	1	0,2	0,5	0,0	4	
TOTAL	327	1					
Vasopresor							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	P
M	129	0	1,3	0,5	0,4	3,1	<0,0001
V	199	0	0,8	0,3	0,0	3	
TOTAL	328	0					

**M**, muertos; **V**, vivos; N, número de casos; DE, desviación estándar de la media; p, significación.



**Tabla 26. Análisis univariable de las variables fracción espirada media de isofluorano, dióxido de carbono medio espirado, frecuencia respiratoria media y saturación de hemoglobina media en relación con la mortalidad.**

Et iso							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	1,7	0,2	1	2	0,0002
V	199	0	1,8	0,2	1	2	
TOTAL	328	0					
Et CO2							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	44,3	7,4	31	77,5	<0,0001
V	199	0	41,4	4,1	31	59	
TOTAL	328	0					
FR anest							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	8,2	1,1	5	12,5	0,0033
V	199	0	7,7	1	5,8	13,8	
TOTAL	328	0					
Sat O2							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	95,3	6,5	41	100	<0,0001
V	199	0	97,6	1,4	94	100	
TOTAL	328	0					

**M**, muertos; **V**, vivos; N, número de casos; DE, desviación estándar de la media; p, significación.

**Tabla 27. Análisis univariable de las variables tiempo hasta empezar el procedimiento anestésico, duración del procedimiento anestésico, tiempos a decúbito esternal y a estación en relación con la mortalidad.**

T° inicio							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	31,1	14,8	5	70	<0,0001
V	199	0	40,1	14,1	10	81	
TOTAL	328	0					
T° anest							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	129	0	114,6	64,1	20	305	<0,0001
V	199	0	147,5	47,1	55	350	
TOTAL	328	0					
T° decúbito							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	52	77	27,4	27,6	0,0	120	0,0443
V	83	116	18,8	22,4	0,0	228	
TOTAL	135*	193					
T° estación							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
M	56	73	50,1	38	7	229	0,0038
V	184	15	33,9	25,2	0,00	180	
TOTAL	240**	88					

**M**, muertos; **V**, vivos; **N**, número de casos; **DE**, desviación estándar de la media; **p**, significación. \*Se perdieron 193 casos en los que no se registró el valor de la variable. \*\*Se perdieron 88 casos en los que no se registró el valor de la variable.

Los caballos que murieron presentaron tiempos de anestesia y tiempos de comienzo de la cirugía menores que los que sobrevivieron. En el caso de la frecuencias cardiaca y de la respiratoria, del Et CO<sub>2</sub>, administración de R-L, hipertónico y fármaco vasopresor, y tiempos a decúbito esternal y a estación, aquellos caballos que murieron presentaron valores superiores a los que sobrevivieron. Además, los casos que murieron mostraron una PAM, Fe iso y Sat O<sub>2</sub> menores a los casos que sobrevivieron.

## **B. Variables categóricas**

---

Con respecto a estas variables, no se encontraron diferencias significativas en la calidad de premedicación, en la administración de benzodiazepinas, administración de lidocaína-ketamina y administración de plasma ( $p>0,05$ ). Las variables en las que sí se hallaron diferencias significativas se describen a continuación.

**Tabla 28. Análisis univariable de las variables calidad de inducción y recuperación en relación con la mortalidad.**

Calidad inducción			
N (%)	<b>M</b>	<b>V</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Mala (1)</b>	15 (60,00%)	10 (40,00%)	25
<b>Regular (2)</b>	26 (52,00%)	24 (48,00%)	50
<b>Buena (3)</b>	88 (34,78%)	165 (65,22%)	253
<b>TOTAL</b>	129	199	328

Calidad recuperación			
N (%)	M	V	TOTAL
1 (Muy mala)	3 (42,86%)	4 (57,14%)	7
2 (Mala)	19 (52,8%)	17 (47,2%)	36
3 (Regular)	12 (18,2%)	54 (81,8%)	66
4 (Buena)	16 (16%)	84 (84%)	100
5 (Muy buena)	7 (20%)	28 (80%)	35
TOTAL	57	187	244*

M, muertos; V, vivos; N, número de casos; \*Se perdieron 84 casos en los que no se registró el valor de la variable.

**Tabla 29. Análisis univariable de las variables romifidina y butorfanol en relación con la mortalidad.**

Romifidina			
N (%)	M	V	TOTAL
No	19 (37,3%)	32 (62,7%)	51
Si	47 (22%)	167 (78%)	214
TOTAL	66	199	265*

Butorfanol			
N (%)	M	V	TOTAL
No	88 (47,6%)	97 (52,4%)	185
Si	41 (28,7%)	102 (71,3%)	143
TOTAL	129	199	328

M, muertos; V, vivos; N, número de casos; \*Se excluyeron 63 caballos que fueron sacrificados intraoperatoriamente..

Los caballos con buena calidad de inducción y calidad de recuperación muy mala, regular, buena y muy buena presentaron menor mortalidad que aquellos con calidad de inducción mala o regular y calidad de recuperación mala. En el caso de la administración de romifidina y butorfanol, los caballos que recibieron dichos fármacos presentaron menor mortalidad.

## 2.3 VARIABLES QUIRÚRGICAS

### A. Variables numéricas

**Tabla 30. Análisis univariable de la variable duración del procedimiento quirúrgico en relación con la mortalidad.**

Tº cirugía							
V/M	N	Perdidos	Media	DE	Mínimo	Máximo	p
<b>M</b>	129	0	83,4	55,3	4	264	<0,0001
<b>V</b>	199	0	107,5	43,4	28	300	
<b>TOTAL</b>	328	0					

**M**, muertos; **V**, vivos; N, número de casos; DE, desviación estándar de la media; p, significación.

### B. Variables categóricas

**Tabla 31. Análisis univariable de las variables diagnóstico y localización de la lesión en relación con la mortalidad.**

Diagnóstico			
N (%)	<b>M</b>	<b>V</b>	<b>TOTAL</b>
<b>INF</b>	7 (64%)	4 (36%)	11
<b>MIX</b>	3 (37%)	5 (63%)	8
<b>OE</b>	81 (56%)	64 (44%)	145
<b>OS</b>	38 (23 %)	126 (77%)	164
<b>TOTAL</b>	129	199	328

Localización			
N (%)	M	V	TOTAL
CM	59 (31,9%)	129 (68,1%)	185
Ci	6 (60%)	4 (40%)	10
Cm	4 (44,4%)	5 (55,6%)	9
EST	0 (0,0%)	1 (100%)	1
ID	57 (49,6%)	58 (50,4%)	115
MIX	3 (37,5%)	5 (62,5%)	8
TOTAL	129	199	328

M, muertos; V, vivos; N, número de casos

Los caballos con patología mixta y obstrucción simple presentaron una menor mortalidad que los diagnosticados con patología inflamatoria y obstrucción estrangulada. Los caballos cuya patología estaba localizada en el colon mayor, colon menor, intestino delgado y mixta sobrevivieron más que los que la tenían localizada en el ciego. Es importante mencionar que el estómago tuvo solo un caso y que la supervivencia y mortalidad en los casos en los que la patología se identificó en el intestino delgado fue similar.

### 3. ANÁLISIS DE *ODDS RATIO*

Una vez agrupadas las variables categóricas y habiéndose establecido el punto de corte para las variables numéricas, se realizó un análisis de los *OR* en relación con la mortalidad.

No se encontraron diferencias significativas en el mes, estación, sexo, raza, premedicación, administración de benzodiazepinas, administración de LK, administración de plasma, glóbulos blancos, peso, FR basal, administración de tiopental, tiempo de cirugía y tiempo a decúbito esternal ( $p>0,05$ ). Las variables en las que se hallaron diferencias significativas se describen a continuación.

**Tabla 32. *OR* de las variables prequirúrgicas en relación con la mortalidad.**

Variable	Valor de referencia	<i>OR</i>	Intervalo de confianza (95%)
Edad (años)	$\leq 12$	0,4	0,2076-0,7238
FC basal (ppm)	$\leq 44$	0,2	0,1375-0,4241
Hto (%)	$\leq 47$	0,1	0,0583-0,2299
Pt (g/dl)	$\leq 7,9$	0,4	0,2256-0,8390
Lactato (mmoles/l)	$\leq 4$	0,2	0,1057-0,5364
Color de las mucosas	Otros	2,9	1,7646-4,7839
Calidad de pulso	Débil	5,8	3,5373-9,5487
Grado de dolor	No	0,5	0,3114-0,7782



**Tabla 33. OR de las variables anestésicas en relación con la mortalidad.**

<b>Variable</b>	<b>Valor de referencia</b>	<b>OR</b>	<b>Intervalo de confianza (95%)</b>
<b>FC anest. (ppm)</b>	$\leq 60$	0,2	0,1199-0,3887
<b>FR anest. (rpm)</b>	$\leq 8$	0,6	0,3482-0,9680
<b>PAM (mmHg)</b>	$\leq 70$	10,3	5,9624-17,8144
<b>Et iso (%)</b>	$\leq 1,8$	2,4	1,5143-3,7676
<b>Et CO2 (mmHg)</b>	$\leq 45$	0,3	0,1768-0,5076
<b>Sat O2 (%)</b>	$\leq 95$	20,3	7,0536-58,7519
<b>R-L (ml/kg/h)</b>	$\leq 10$	0,1	0,0747-0,2107
<b>Hipertónico (l)</b>	$\leq 0$	0,2	0,1334-0,4060
<b>Vasopresor (microg/kg/min)</b>	$\leq 1$	0,1	0,0828-0,2239
<b>Romifidina</b>	No	2,1	1,0976-4,0551
<b>Butorfanol</b>	No	2,3	1,4202-3,5869
<b>T° anestesia (min)</b>	$\leq 150$	1,6	1,0176-2,6889
<b>T° inicio (min)</b>	$\leq 30$	3,1	1,9802-4,9858
<b>T° estación (min)</b>	$\leq 60$	0,4	0,1859-0,8754
<b>N° intentos</b>	$\leq 2$	0,5	0,2978-0,9930
<b>Calidad ind.</b>	Malo	2,3	1,3401-3,8148
<b>Calidad rec.</b>	Mala	2,2	1,2060-4,0409

**Tabla 34. OR de las variables quirúrgicas en relación con la mortalidad.**

Variable	Valor de referencia	OR	Intervalo de confianza (95%)
Diagnóstico	OE	4,2	2,5737-6,8426
Localización	IG	0,5	0,3261-0,8293

Los caballos que presentaron la categoría de “otros” en el color de mucosas tenían un riesgo aumentado ( $OR=2,9$ ) frente a aquellos que presentaron las mucosas rosadas. Aquellos cuya calidad de pulso fue débil también presentaron un riesgo aumentado ( $OR=5,8$ ) frente a los que presentaron un pulso FRISS. En cuanto al tiempo hasta empezar el procedimiento quirúrgico, los casos en los que dicho tiempo fue menor a 30 minutos mostraron un aumento en el riesgo de muerte ( $OR=3,1$ ). Las variables anestésicas intraoperatorias presión arterial media y saturación media de oxígeno son las que presentaron mayor riesgo de muerte ( $OR=10,3$  y  $OR=20,3$  respectivamente) cuando sus valores se situaron por debajo de 70 mmHg y 95% respectivamente. Otra variable con un riesgo de muerte aumentado ( $OR=2,4$ ) fue la fracción espirada de isoflurano inferior a 1,8%. Otras variables asociadas con un aumento en el riesgo de muerte fueron la mala calidad de inducción ( $OR=2,3$ ) y de recuperación ( $OR=2,2$ ), la no administración de romifidina ( $OR=2,1$ ) ni de butorfanol ( $OR=2,3$ ) y que el diagnóstico de la lesión fuera obstrucción estrangulada ( $OR=4,2$ ). Por el contrario el riesgo de muerte estuvo disminuido en los caballos menores de 12 años ( $OR=0,4$ ), con frecuencia cardíaca basal menor a 44 latidos/min ( $OR=0,2$ ), hematocrito por debajo de 47% ( $OR=0,1$ ), proteínas inferiores a 7,4 g/dl ( $OR=0,4$ ), lactato menor a 4 mmol/dl ( $OR=0,2$ ) y sin dolor ( $OR=0,5$ ). En cuanto a las variables anestésicas intraoperatorias, los caballos con frecuencia cardíaca menor a 60 ppm ( $OR=0,2$ ), frecuencia respirato-

ria inferior a 8 rpm (  $OR=0,6$ ),  $CO_2$  espirado menor a 45 mmHg ( $OR=0,3$ ), a los que se había administrado menos de 10 ml/kg/h de R-L ( $OR=0,1$ ) y no se administró suero hipertónico ( $OR=0,2$ ) presentaron un riesgo de muerte disminuido. En el caso de la recuperación anestésica, el riesgo de muerte fue menor si el tiempo a estación era inferior a 60 minutos ( $OR=0,4$ ) y el número de intentos era menor a 2 ( $OR=0,5$ ). Por último, en los caballos con patología de intestino grueso, el riesgo de muerte era menor ( $OR=0,5$ ).

## 4. ANÁLISIS MULTIVARIABLE

### 4.1. ARBOLES DE DECISIÓN

---

A continuación se presentan los dos árboles de decisión desarrollados, uno en el que se tienen en cuenta variables prequirúrgicas sin lactato, quirúrgicas y anestésicas y otro con variables prequirúrgicas con lactato, quirúrgicas y anestésicas. En el árbol con lactato, esta variable no fue incluida en el modelo tras la realización de la prueba de segmentación.

Los árboles de decisión presentan ramas en las que podemos observar diferentes nodos intermedios y terminales. En estos nodos se encuentran la categoría de las diferentes variables, el número de caballos que presentan la característica que representa el nodo y el porcentaje, el número de caballos que murieron o vivieron y su respectivo porcentaje. Las variables numéricas fueron divididas en la prueba de segmentación en rangos que presentaron una relación diferenciada con la mortalidad.

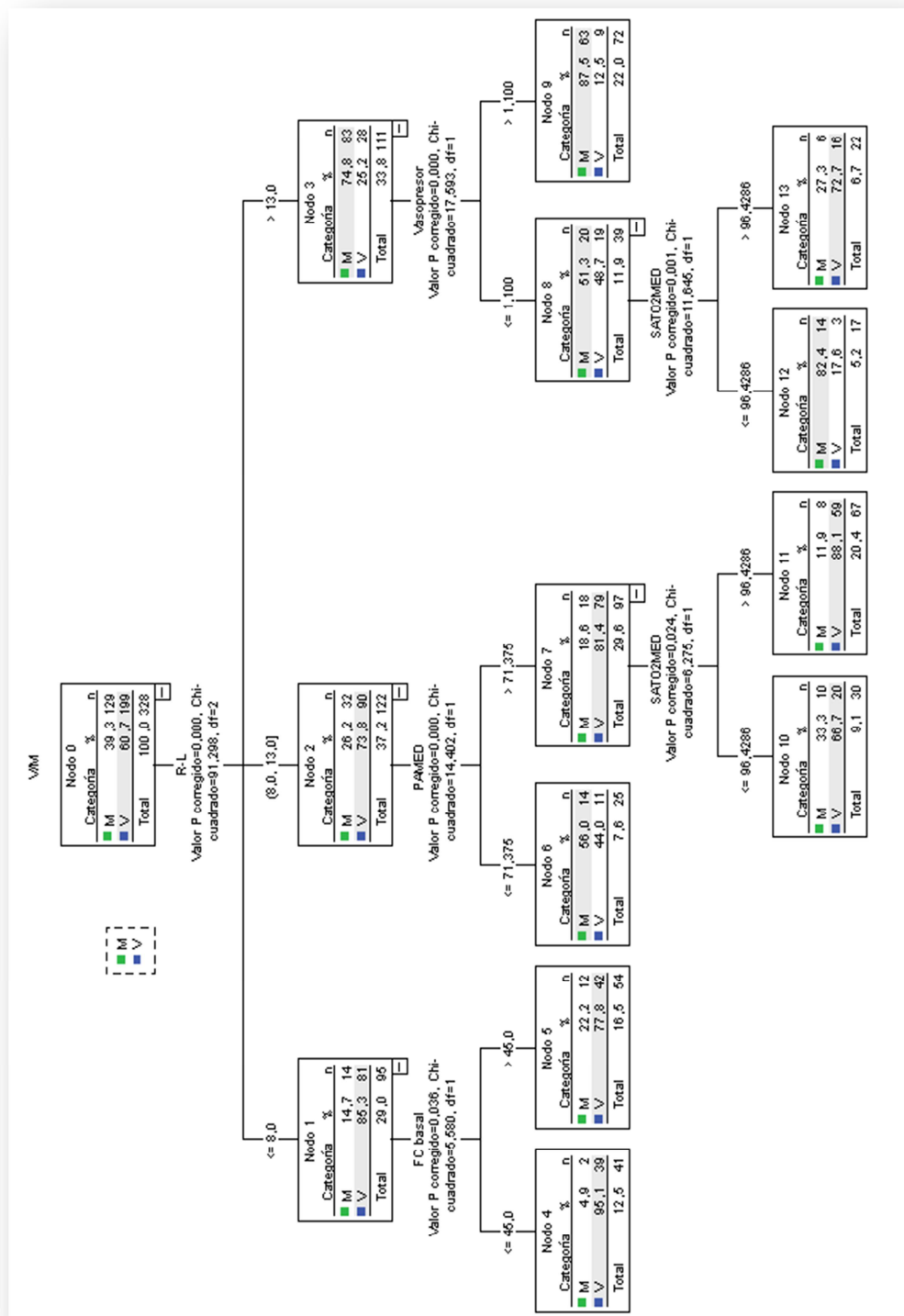


Figura 2. Árbol de decisión sin lactato

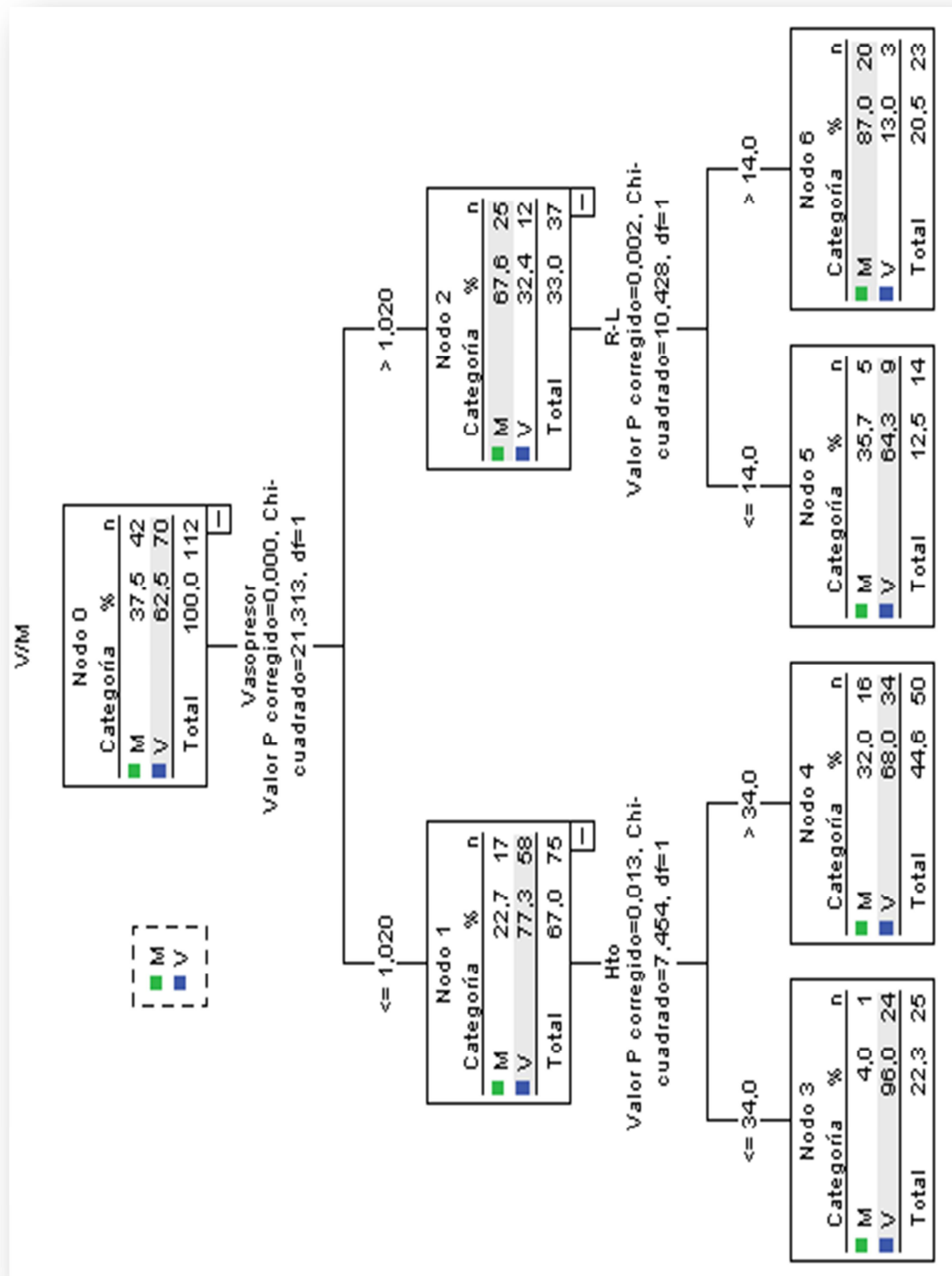


Figura 3 Árbol de decisión con lactato

## Evaluación de la calidad de predicción de los árboles de decisión

---

La evaluación de la calidad predictiva de los modelos se realizó mediante los porcentajes observados en diferentes puntos de corte.

### *Arbol de decisión sin lactato*

A continuación se muestra la curva COR obtenida a partir de los pares de sensibilidad-especificidad observados en este modelo predictivo, el valor del área bajo la curva y las coordenadas de la curva.

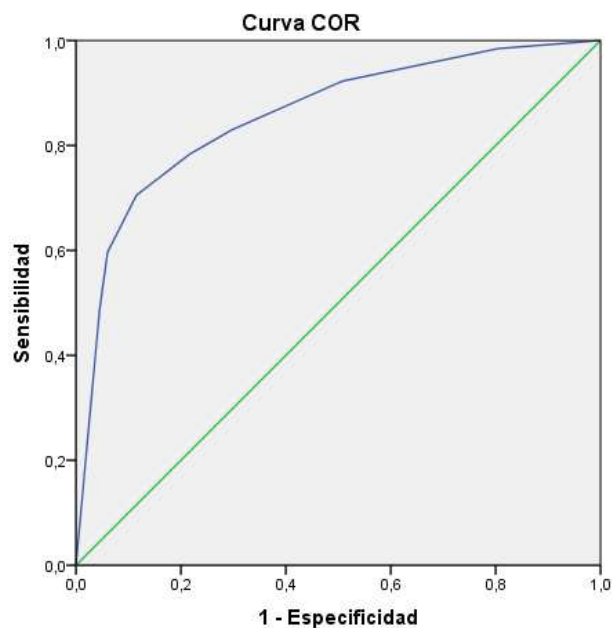


Figura 4. Curva COR del árbol de decisión sin lactato.

Area bajo la curva	0,857
Intervalo de confianza (95%)	0,814-0,900

**Tabla 35. Coordenadas de la curva COR del árbol de decisión sin lactato.**

Punto de corte	Sensibilidad	Especificidad	1-Especificidad
<b>0,0841</b>	0,984	0,196	0,804
<b>0,1708</b>	0,922	0,492	0,508
<b>0,2475</b>	0,829	0,704	0,296
<b>0,3030</b>	<b>0,783</b>	<b>0,784</b>	<b>0,216</b>
<b>0,4467</b>	0,705	0,884	0,116
<b>0,6918</b>	0,597	0,94	0,060
<b>0,8493</b>	0,488	0,955	0,045

En la tabla anterior se puede observar que el mejor par sensibilidad/especificidad se encuentra en el punto de corte del 30,3%, siendo el valor de sensibilidad 78,3% y especificidad 78,4%.

### ***Arbol de decisión con lactato***

A continuación se muestra la curva COR obtenida a partir de los pares de sensibilidad-especificidad observados en este modelo predictivo, el valor del área bajo la curva y las coordenadas de la curva.



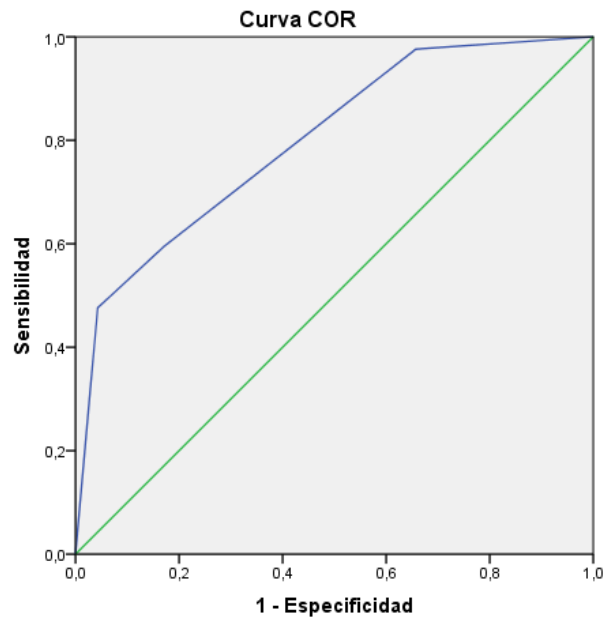


Figura 5. Curva COR del árbol de decisión con lactato

Area bajo la curva	0,799
Intervalo de confianza (95%)	0,716-0,883

Tabla 36. Coordenadas de la curva COR del árbol de decisión con lactato.

Punto de corte	Sensibilidad	Especificidad	1-Especificidad
0,1800	0,976	0,343	0,657
0,3386	0,595	0,829	0,171
0,6134	0,476	0,957	0,043

En la tabla anterior se puede observar que el mejor par sensibilidad/especificidad se encuentra en el punto de corte del 33,8%, siendo el valor de sensibilidad 59,5% y especificidad 82,9%.

Hay que mencionar que, de manera homogénea, en todos los puntos de corte el árbol de decisión en el que no se consideró el lactato obtuvo valores más elevados de sensibilidad y especificidad que el árbol con lactato. Además el valor de área bajo la curva es superior en el árbol sin lactato.

## 4.2 ECUACIÓN DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

---

Las variables independientes incluidas en la ecuación proceden de la aplicación del método paso a paso a las variables significativas y relaciona la probabilidad de morir (p) con el diagnóstico, PAM med, Et CO2med, Sat O2 med, R-L y vasopresor. El valor de p debe estar comprendido entre 0 y 1 y cuanto más cercano sea a 1 mayor es la probabilidad de morir.

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(a_0x + a_1x_1 + \dots + a_nx_n)}}$$

Variable	Valor de referencia	x	a
<b>Diagnóstico</b>	OE	1	0,56
	OS	-1	
<b>PAM</b>	70	1	0,61
	>70	-1	
<b>Et CO2</b>	45	1	-0,37
	>45	-1	
<b>Sat O2</b>	95	1	1,34
	>95	-1	
<b>R-L</b>	10	1	-0,41
	>10	-1	
<b>Vasopresor</b>	>1	1	-0,50
	1	-1	

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(1,05 + 0,56 (\text{diagnóstico}) + 0,61 (\text{pam}) + (-0,37) (\text{EtCO2}) + 1,34 (\text{Sat}) + (-0,41) (\text{R-L}) + (-0,50) (\text{vas})}}$$

### Evaluación de la calidad de predicción de la ecuación

La evaluación de la calidad predictiva del modelo se realizó mediante los porcentajes observados en diferentes puntos de corte.

A continuación se muestra la curva COR obtenida a partir de los pares de sensibilidad-especificidad observados en este modelo predictivo, el valor del área bajo la curva y las coordenadas de la curva.

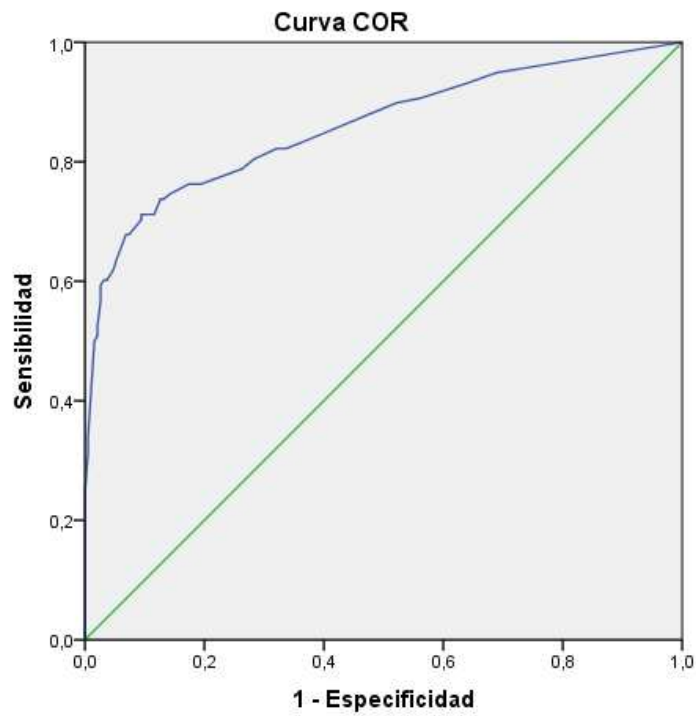


Figura 6. Curva COR de la ecuación de predicción

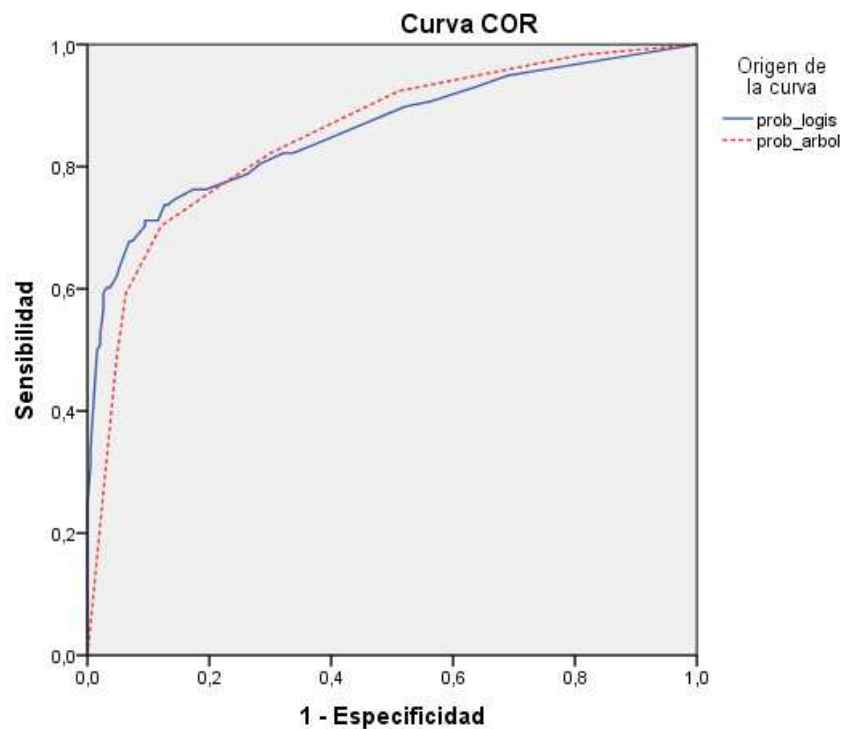
Area bajo la curva	0,86
Intervalo de confianza (95%)	0,813-0,905

Tabla 37. Coordenadas de la curva COR de la ecuación de predicción.

Punto de corte	Sensibilidad	Especificidad	1-Especificidad
0,10	0,949	0,311	0,689
0,20	0,831	0,642	0,358
0,30	0,763	0,716	0,284
0,40	0,737	0,868	0,132
0,50	0,712	0,884	0,116
0,60	0,619	0,947	0,053
0,70	0,593	0,963	0,037
0,80	0,500	0,979	0,021
0,90	0,246	0,995	0,005

En la tabla anterior se puede observar que el mejor par sensibilidad/especificidad se encuentra en el punto de corte del 40%, siendo el valor de sensibilidad 73,7% y especificidad 86,8%.

Hay que mencionar que, de manera homogénea, en todos los puntos de corte la ecuación y el árbol sin lactato presentan unos valores similares de sensibilidad y especificidad. Además el valor de área bajo la curva también es similar. A continuación se muestran las curvas COR correspondientes al árbol de decisión y la ecuación de regresión logística.



**Figura 7. Curva COR del árbol sin lactato y de la ecuación de predicción.**

# 5

## CAPÍTULO

# Discusión

## CAPÍTULO 5: DISCUSIÓN

Cuando se determina la mortalidad a corto plazo en caballos operados de cólico, la mayoría de autores considera que es aquella que se produce independientemente del tiempo que los caballos estuvieron ingresados en el hospital y oscila entre el 13% y el 66% <sup>51,67-71,73,76,78,79,85,87,90,91,96</sup>. El resultado sobre la mortalidad, teniendo en cuenta el criterio anteriormente descrito, obtenido en nuestro estudio, 61%, se encuentra dentro del rango mencionado y es similar al descrito en el mismo centro en un trabajo previo y que fue del 68% <sup>93</sup>. Además, describimos la variable resultado como la supervivencia a los siete días, siendo esta del 65%; esta variable fue descrita en estudios realizados en caballos intervenidos de diversas patologías diferentes al cólico <sup>52-54</sup>. La diferencia entre la supervivencia y el resultado (4%) se debe a caballos eutanasiados a partir del séptimo día como consecuencia de patologías relacionadas con el cólico tales como laminitis, ileo paralítico o por decisión del propietario debida a factores económicos.

## **Relación de las variables con la mortalidad**

---

Entre los factores asociados a la mortalidad, hemos determinado un incremento de la misma en relación con la edad avanzada. Esta asociación clínica resulta lógica considerando que el envejecimiento es un proceso progresivo en el que se producen cambios fisiológicos que producen una disminución de las reservas funcionales y un aumento probable de las enfermedades sistémicas coexistentes y ambos factores pueden contribuir a empeorar el estado ASA y a aumentar el riesgo de muerte<sup>97</sup>. Sin embargo, los estudios previos muestran resultados dispares ya que algunos trabajos indicaron que edades elevadas incrementan la mortalidad tanto en caballos operados de cólico como de otras patologías<sup>53,68</sup> mientras que en otros no ha podido demostrarse esta relación<sup>66,77</sup>.

El número de caballos que no presentaron dolor mostraron un porcentaje similar a los que mostraron dolor moderado, este resultado se podría explicar por la administración de analgésicos y el efecto de los mismos antes del ingreso del caballo en el hospital. Al igual que en estudios previos, los caballos con más dolor son los que presentan mayor mortalidad<sup>71,85</sup>. No obstante, se ha observado un incremento en la mortalidad intraoperatoria de caballos que mostraron signos menos severos de dolor abdominal y se ha atribuido a dos razones que son la extensión de la desvitalización del intestino ya que el dolor se reduce a medida que la isquemia avanza y que en los caballos con menos dolor se suele retrasar el comienzo de la cirugía<sup>68</sup>.

En general, los resultados obtenidos en este trabajo, reflejan que el deterioro del estado hemodinámico y cardiovascular en el momento del ingreso está relacionados con un aumento de la mortalidad, coincidiendo con múltiples estudios realizados previamente



<sup>69,71,72,74,85–88,91,93</sup>. Así los caballos que morían presentaban unos valores de hematocrito, frecuencia cardiaca y lactato aumentados en comparación con los que sobrevivían debido a que estas variables reflejan el grado de compromiso cardiovascular y se elevan en estados de endotoxemia e hipovolemia. Además, en los caballos con cólico el lactato elevado tanto en líquido peritoneal como en plasma ha sido asociado con isquemia intestinal y disminución de la supervivencia en caballos de cólico<sup>90,99–101</sup>.

La concentración de proteínas plasmáticas totales es una variable que, junto con el hematocrito, nos aporta información sobre el grado de hidratación y, en casos de cólico, se encontrará generalmente aumentada; aunque también debe considerarse que dicha concentración puede verse disminuida debido a pérdidas a la cavidad peritoneal o a la luz intestinal como consecuencia de patologías abdominales de distinta índole<sup>102</sup>. Quizá por este motivo existen discrepancias a la hora de relacionar este factor con la mortalidad. Así, se ha observado concentraciones de proteínas plasmáticas similares entre los caballos que murieron y sobrevivieron a un proceso cólico<sup>86,90</sup>. Aunque también se ha observado una mayor mortalidad en caballos que presentaron una disminución en la concentración de las proteínas plasmáticas<sup>70</sup>. En nuestro estudio el aumento de las proteínas plasmáticas estuvo relacionada con la mortalidad perioperatoria, debido, probablemente, a que la citada situación de hipovolemia que suelen presentar los caballos con cólico ha sido más frecuente que otras alteraciones gastrointestinales que producen la disminución de este parámetro, no descartando que en ciertos casos pueda haber hipoproteinemia por lesión de la pared intestinal y administración de fluidos.

Otro parámetro que se puede asociar con el grado de compromiso cardiovascular es la coloración de las membranas mucosas, que indica, de forma subjetiva, la oxigenación de la sangre arterial y la perfusión tisular<sup>95</sup>. En nuestra tesis, la presencia de mucosas congestivas y cianóticas estuvo relacionada con mayor mortalidad perioperatoria al igual que en algunos trabajos realizados en caballos con cólico<sup>69,72,73,90</sup>. Sin embargo, otros estudios han descrito que no existe esta relación<sup>71,96,103</sup>; seguramente reflejando que dicha evaluación es subjetiva y está sujeta a una considerable variabilidad entre observadores.

La calidad del pulso permite evaluar inicialmente el sistema cardiovascular, es indicativa de la fuerza de contracción del miocardio, de la competencia de las válvulas y de la volemia<sup>95</sup> y podría presentar utilidad en la valoración del estado cardiovascular. En nuestro estudio, los caballos con mayor mortalidad presentaron una calidad de pulso débil al igual que se describe en otro trabajo<sup>103</sup>.

Según nuestro conocimiento, no se han realizado estudios en los que se relacione el estado hemodinámico y cardiovascular intraoperatorio con la mortalidad. En esta tesis por primera vez se realiza esta valoración obteniendo resultados muy significativos en la relación entre el deterioro del estado cardiovascular y la mortalidad.

La frecuencia cardíaca intraoperatoria fue superior al rango de valores que se considera fisiológico en caballos anestesiados, aunque inferior a la frecuencia cardíaca preoperatoria. Esto podría ser debido a la acción de los diversos fármacos administrados en el procedimiento anestésico (sedantes, anestésicos y analgésicos) como los agonistas de los receptores adrenérgicos alfa-2 que típicamente producen bradicardia y analgesia<sup>104</sup>. Al igual que se evidenció con la frecuencia cardíaca preoperatoria, los caballos que presentaron una

mortalidad mayor fueron aquellos con frecuencia cardíaca intraoperatoria mayor debido al shock circulatorio y compromiso cardiovascular que continua en el periodo intraoperatorio.

La determinación de la presión arterial es clave en el manejo clínico del caballo anestesiado debido a que está directamente relacionada con el gasto cardíaco y la perfusión tisular. Factores como la acción de los fármacos anestésicos sobre el tono vascular y la fuerza de contracción y el estado de hipovolemia de los pacientes con cólico hace que el gasto cardíaco disminuya y por tanto la presión arterial y como consecuencia que aumente la incidencia de complicaciones postoperatorias<sup>95</sup>.

En los caballos, valores de presión arterial media superiores a 60 mmHg reducen la morbilidad y la incidencia de complicaciones postoperatorias<sup>105</sup>. En nuestro trabajo la presión arterial media ha sido superior a 60 mmHg, lo que puede ser debido a la administración de fluidos y dobutamina pero los caballos con presiones más bajas presentaron mayor mortalidad. Aunque no hemos identificado publicaciones sobre pronóstico en las que se incluya la medición de esta variable en el periodo intraoperatorio, existen trabajos que tienen en cuenta la presión arterial en el momento del ingreso, independientemente de que el tratamiento posterior sea quirúrgico o médico, y muestran que los caballos con presiones más bajas son los que presentan mayor mortalidad<sup>103</sup>.

La administración de fluidos de tipo cristaloiide isotónico (R-L), en este estudio, se realizó a dosis de 10 ml/kg/h en la mayoría de los casos que es la dosis de mantenimiento descrita para esta especie<sup>106</sup>. El incremento en esta dosis se efectuó con el objetivo de mantener la presión arterial en un valor superior a los 70 mmHg. Por el contrario, el fluido salino hipertónico 7,5% no se administró rutinariamente si no sólo en casos de disminución grave de la

presión arterial en los que no puede ser compensada con un aumento en la administración de R-L ni con administración de vasopresores. Por tanto un incremento en la administración de R-L y la administración de fluido salino hipertónico 7,5% es indicativa de un estado cardiovascular desfavorable. Cuando se relacionó con la mortalidad se observó que los caballos que morían recibieron mayores dosis de R-L y de hipertónico, lo que significa que dichos caballos presentaron un peor estado cardiovascular reflejado por la hipotensión ya que la administración de fluidos estuvo determinada por el valor de la presión arterial. En un estudio previo no se observó una asociación entre la administración preoperatoria de fluidos y la mortalidad aunque sí se halló relación entre el volumen de fluidos administrado y el tipo de lesión, los caballos con intestino delgado desvitalizado recibieron mayor volumen de R-L que los caballos con intestino delgado sano<sup>70</sup>. Se ha determinado una asociación entre la administración de hipertónico y la mortalidad intraoperatoria, aunque no se ha descrito la dosis ni la pauta de administración<sup>68</sup>.

Junto con el empleo de fluidos, la administración de vasopresores constituye la principal forma de tratamiento de la hipotensión en caballos. La utilización de dobutamina y/o fenilefrina en caballos bajo anestesia general tiene como objetivo incrementar la presión arterial<sup>83,107,108</sup>. En nuestro centro se emplea la dobutamina como fármaco de elección debido a su acción rápida, a su fácil control de administración a efecto y a que otros fármacos vasopresores pueden presentar efectos indeseables<sup>109-112</sup>. La dosis empleada en este trabajo ha sido de 0,5-5 microg/kg/min. a efecto situándose la dosis media dentro de este rango. La utilización de dobutamina estuvo restringida a caballos hipotensos en los que la administración de fluidoterapia fue insuficiente para mantener la presión arterial en valores normales para caballos anestesiados. Aquellos pacientes que requieren dosis elevadas de este

fármaco o responden mal a estas dosis (superiores a 5 microg/kg/min) normalmente presentan un mal pronóstico<sup>113</sup>. Se ha observado una ausencia de asociación entre la mortalidad y la administración de dobutamina, aunque no se tiene en cuenta la dosis administrada sino el tiempo de administración<sup>83</sup>. En nuestro trabajo no se administró a ningún caballo ninguna dosis superior a 5 microg/kg/min aunque se asociaron las dosis elevadas con un incremento de la mortalidad por la mayor necesidad de vasopresor en caballos con mayor compromiso cardiovascular. En cualquier caso, no se puede descartar completamente el hecho de que los efectos indeseables producidos por las dosis elevadas tengan alguna influencia en el incremento de la mortalidad.

En esta tesis la frecuencia respiratoria preoperatoria fue superior al rango de valores que se considera fisiológico probablemente por dolor y/o acidosis metabólica, ya que en caballos con cólico se ha descrito que la frecuencia respiratoria suele estar aumentada por estos factores<sup>102</sup>. La frecuencia respiratoria es un parámetro que no es considerado en los estudios de mortalidad perioperatoria con la misma frecuencia con que se tienen en cuenta los parámetros cardiovasculares. Se ha relacionado la frecuencia respiratoria en el ingreso con la supervivencia de caballos con cólico y se ha observado que el aumento de la misma está relacionado con mayor mortalidad<sup>73,86,103</sup>. En nuestro estudio coincidimos con los resultados anteriormente citados ya que la frecuencia respiratoria de los caballos que murieron fue mayor a la de los caballos que sobrevivieron.

El sistema respiratorio se monitoriza en el periodo anestésico para conocer el estado del intercambio gaseoso, la oxigenación de la hemoglobina y el aporte de anestésico si se utiliza anestesia inhalatoria y poder así corregir las posibles alteraciones. Está íntimamente

relacionado con el sistema cardiovascular y ambos son responsables del adecuado aporte de sangre oxigenada a los tejidos, además la función ventilatoria actúa en la compensación de ciertos desequilibrios ácido-base. Por tanto, los parámetros de monitorización anestésica relativos al sistema respiratorio nos aportan información del estado y gravedad del paciente y pueden presentar una relación con la mortalidad aunque hasta el momento no se ha descrito dicha relación en los trabajos publicados.

La aplicación de ventilación mecánica puede ayudar en la prevención del desarrollo de hipoxemia severa e hipercapnia así como en el manejo intraoperatorio de desequilibrios ácido-base<sup>114,115</sup>. Aunque puede plantear riesgos para el sistema cardiovascular derivados de una disminución en la precarga, especialmente si existe compromiso cardiovascular previo<sup>114</sup>, si se lleva a cabo una monitorización hemodinámica adecuada y se proporciona un soporte cardiovascular suficiente ese efecto puede ser compensado<sup>116</sup>. En nuestro estudio el impacto de la ventilación mecánica no pudo establecerse como factor que influyera en la mortalidad porque se aplicó ventilación mecánica a todos los caballos.

En caballos en los que se instaura la ventilación mecánica, la frecuencia respiratoria viene determinada por el anestesista y suele ajustarse al rango de valores considerados fisiológicos en caballos anestesiados. Los caballos con mortalidad más elevada requirieron frecuencias respiratorias mayores. El ajuste de la frecuencia respiratoria se realiza, principalmente en función del CO<sub>2</sub> espirado, de tal manera que los caballos con el CO<sub>2</sub> elevado requirieron frecuencias respiratorias más elevadas y el CO<sub>2</sub> elevado puede ser indicativo de desequilibrios electrolíticos, hipovolemia e hipoperfusión de tejidos<sup>95</sup>. Las alteraciones mencionadas implicarían peor pronóstico asociado a un incremento de la mortalidad.

El CO<sub>2</sub> espirado en los caballos que murieron fue superior al de los que sobrevivieron y sugiere la presencia de desequilibrios ácido-base y de perfusión tisular. Aún así se mantuvo dentro del rango fisiológico debido probablemente al ajuste de la frecuencia respiratoria realizado por el anestesista para lograr normocapnia. Si se suplementa con oxígeno la mezcla inhalada y la presión arterial de oxígeno es aceptable, la mayoría de los caballos toleran una hipercapnia moderada (PCO<sub>2</sub> entre 45 y 65 mmHg) que incluso, puede beneficiar como resultado del aumento de catecolaminas endógenas que mantienen la función cardíaca y la presión arterial media<sup>117</sup>. La medición del CO<sub>2</sub> espirado permite deducir la presión arterial de CO<sub>2</sub> aunque suele ser 10-15 mmHg menor a la PaCO<sub>2</sub><sup>95</sup> y es una medida satisfactoria de los cambios en el equilibrio ácido-base respiratorio en caballos bajo anestesia inhalatoria y cuando la ventilación es controlada, aunque se debe tener en cuenta que la medida del CO<sub>2</sub> espirado no refleja necesariamente el Ph sanguíneo y podría haber presencia de acidosis metabólica severa con un Ph bajo pero con CO<sub>2</sub> espirado en límites normales<sup>118</sup>. Por tanto aunque la capnografía puede dar una aproximación al diagnóstico de ciertos desequilibrios electrolíticos, la medición precisa se debería realizar por gasometría en sangre arterial.

La fracción espirada de isoflurano, que representa el plano anestésico, se mantuvo entre 30-50% superior a la CAM de este fármaco para la especie equina y cuando se relacionó con la mortalidad, se observó que la fracción espirada de los caballos que morían presentaba porcentajes inferiores comparado con los caballos que sobrevivían. Debido a que el isoflurano produce depresión de la función cardiovascular dosis dependiente<sup>119</sup> los caballos con peor estado cardiovascular recibieron menos dosis de este fármaco inhalatorio en un

intento de mejorar este estado lo que puede explicar la mayor mortalidad en estos pacientes.

Aunque la medición de la saturación de la hemoglobina se considera principalmente como un parámetro indicativo de la oxigenación de la sangre, debido a su dependencia de la perfusión periférica también se debe considerar en la valoración del sistema cardiovascular. En esta tesis, los caballos que murieron presentaron saturaciones inferiores a aquellos que sobrevivieron porque la saturación de la hemoglobina depende de la perfusión periférica que en los caballos con cólico está alterada por la presencia de endotoxemia e hipovolemia.

Otro factor que no ha sido estudiado en relación con la mortalidad es la calidad de la inducción anestésica aunque sí que se ha tenido en cuenta el protocolo farmacológico en la inducción y no se ha descrito relación con la mortalidad<sup>68,70</sup>. En nuestro caso, no hemos considerado como posible factor de riesgo el tipo de fármaco administrado porque en todos los casos la inducción se realizó con ketamina. Tras la administración de este fármaco, la mayor parte de los caballos presentó una buena calidad de inducción y los caballos con mala calidad de inducción presentaron una mortalidad mayor mientras que aquellos cuya calidad fue buena presentaron menor mortalidad. La mala calidad de inducción puede ser reflejo del estado del paciente que incluye factores como la presencia de dolor y el estado cardiovascular deteriorado, factores relacionados a su vez con la mortalidad<sup>68</sup>.

Tampoco se han realizado estudios que relacionen la calidad de recuperación con la mortalidad en caballos operados de cólico a pesar de que la recuperación de la anestesia inhalatoria es un periodo crítico y difícil de manejar<sup>49,52</sup> que podría estar relacionado con la mortalidad. En esta tesis, los caballos que presentaron una calidad de recuperación buena fue-



ron los que menor mortalidad mostraron. Esto se puede explicar porque la calidad de esta fase está influida por factores relacionados con el compromiso cardiovascular como el estado físico, hipotensión hipoxemia y alteraciones electrolíticas<sup>120</sup>, y por tanto, los caballos en mejor estado tendrían mejor calidad de recuperación y a su vez menor mortalidad. Paradójicamente, en nuestro trabajo los caballos con recuperaciones muy malas han presentado mayor porcentaje de vivos que de muertos lo que podría explicarse porque en esta categoría el número de individuos es reducido (n=7) y podría no ser representativo. Además se ha observado que los caballos que murieron presentaban mayores tiempos a decúbito esternal y a estación. Se ha descrito que la presencia de hipotensión podía producir recuperaciones anestésicas más cortas<sup>121</sup>, en este trabajo los caballos con peor estado hemodinámico recibieron menor dosis de anestésico inhalatorio por lo que lo esperado sería que los caballos que morían presentaran tiempos a esternal y estación cortos. Aunque se debe tener en cuenta que en la mayoría de los casos se administró romifidina para mejorar la calidad de recuperación y esta alarga el tiempo de recuperación<sup>122</sup> lo que ha podido afectar a los resultados obtenidos.

La romifidina es un agonista de los receptores alfa 2 adrenérgicos que fue administrado para mejorar la calidad de la recuperación, este tipo de fármaco produce efectos depresores cardiovasculares y ventilatorios<sup>104</sup>.

El butorfanol es un opioide agonista de los receptores kapa que, aunque no reduce la CAM de los agentes inhalatorios de forma coherente<sup>123</sup>, reduce la respuesta simpática a estímulos nociceptivos y se considera una combinación beneficiosa con la anestesia inhalatoria<sup>124</sup> sin embargo presenta efectos adversos como ataxia, disminución de motilidad intestinal y

defecación<sup>125</sup>. En este trabajo los caballos a los que se administró romifidina y/o butorfanol presentaron menor mortalidad, no hallando explicación a este resultado, consideramos que es necesario realizar estudios que se limiten a los efectos del butorfanol y de la romifidina sobre la mortalidad perioperatoria.

La localización de la lesión ha sido estudiada por diversos autores que, en general, realizan una clasificación en casos de intestino delgado y grueso<sup>67,69,76</sup>. Otros autores han considerado la presencia de una tercera categoría “mixta” en que la patología estaba localizada en intestino grueso y delgado<sup>70</sup> o han dividido el intestino grueso en sus porciones e incorporan las patologías de la cavidad peritoneal<sup>72</sup>. En nuestro trabajo hemos realizado una división de las porciones del intestino grueso debido a la diferente fisiología entre el colon y el ciego y hemos considerado la patología mixta. Al igual que en estudios previos, la mayor parte de los casos operados de cólico tuvieron afectado el colon mayor y en segundo lugar el intestino delgado<sup>72,78</sup>, no obstante, en otros trabajos se ha observado una mayor incidencia de casos de intestino delgado<sup>71</sup>.

El mayor porcentaje de mortalidad se produjo en caballos con patología de ciego y en intestino delgado pero en el primer caso debe considerarse que el número de casos fue bajo. Por el contrario, la menor mortalidad se observó cuando la localización de la lesión fue en colon mayor. Los estudios previos realizados han mostrado resultados similares mostrando la menor mortalidad cuando el segmento intestinal afectado fue el colon y la mayor mortalidad en patología de intestino delgado y ciego<sup>71,72</sup>. La relación entre la porción de intestino afectado y la mortalidad puede ser debida a que cada segmento presenta una predisposición particular a ciertas patologías, distinta tolerancia y capacidad de distensión así como dife-

rencias en las potenciales consecuencias de las alteraciones producidas por el compromiso en la irrigación de los distintos tramos.

La clasificación de la lesión intestinal según la mayoría de los autores suele ser en obstrucción simple y obstrucción estrangulada además de lesión inflamatoria y mixta<sup>69,71,78</sup>. La mayor parte de las patologías correspondieron a obstrucciones estranguladas y simples, siendo esta última la categoría más numerosa, lo que coincide con los resultados obtenidos por otros trabajos<sup>69,71</sup>, sin embargo en otro estudio el número de obstrucciones estranguladas fue mayor<sup>78</sup>. En nuestro trabajo, el tipo de lesión que mayor mortalidad presentó fue la inflamación, probablemente porque se incluye la peritonitis que suele presentar un pronóstico muy desfavorable<sup>126</sup>, aunque se debe considerar el bajo número de casos que presentaron esta lesión. La obstrucción estrangulada fue la patología con mayor mortalidad después de la inflamación y la obstrucción no estrangulada la que mayor supervivencia presenta coincidiendo con lo descrito por otros autores<sup>69,71</sup>.

Los resultados anteriormente descritos ponen de manifiesto que los cambios que se producen en una obstrucción estrangulada tienden a provocar de manera aguda trastornos sistémicos que pueden derivar en una mayor probabilidad de muerte de los caballos que los padecen. Además las obstrucciones estranguladas de intestino delgado que requieren resección quirúrgica están asociadas a una mortalidad elevada en comparación con las obstrucciones simples<sup>71</sup>.

## *Análisis de Odds ratio*

---

En este trabajo, además de relacionar la mortalidad con las distintas variables prequirúrgicas, anestésicas y quirúrgicas, hemos obtenido una relación numérica de cada una de estas variables con el riesgo de muerte mediante el cálculo de *OR* lo que nos permite conocer con mayor precisión el riesgo asociado a cada una de las variables. El inconveniente de esta prueba es la necesidad de agrupar las variables en dos categorías y decidir en el caso de las variables numéricas el punto de corte y en el caso de las variables categóricas las agrupaciones en caso de que haya más de una categoría. En este caso, la elección de las categorías puede influir en la significación y en el valor numérico del *OR*. Para disminuir esta posible influencia, hemos realizado esta categorización agrupando las variables numéricas y categóricas en función de criterios clínicos o según valores descritos por diversos autores<sup>94,95</sup>.

Las variables con mayor riesgo de mortalidad asociado según el valor numérico o categórico asignado son aquellas relacionadas con el estado hemodinámico y cardiovascular tanto en el periodo preoperatorio como en el periodo anestésico. Los caballos hipoxémicos e hipotensos son los que mayor riesgo de muerte presentaron.

Otros autores también han descrito el riesgo asociado a variables hemodinámicas y al tipo de patología digestiva<sup>50,69,71,96</sup>. Sin embargo, no se han realizado estudios en los que se haya relacionado el riesgo de muerte con parámetros medidos en el periodo anestésico.

## Modelos predictivos

---

El análisis de los factores de riesgo de mortalidad permite desarrollar modelos predictivos que permitan establecer la probabilidad de muerte en caballos intervenidos de cólico.

Un factor relevante en el desarrollo de nuestros modelos es el número de casos incluidos, ya que ha sido mayor que la mayoría de estudios descritos lo que aumenta la precisión de los coeficientes de regresión, disminuyendo la predisposición a variaciones debidas al azar. Además, para la realización de los modelos previamente publicados se han tenido en cuenta fundamentalmente variables prequirúrgicas y quirúrgicas. Este es el primer trabajo que incorpora las variables de monitorización anestésica en el desarrollo de modelos predictivos en los caballos operados de cólico.

La selección de variables para su incorporación a los modelos es realizada según su potencia predictiva así se han seleccionado variables principalmente de tipo cardiovascular excepto en el caso del árbol sin lactato en el que selecciona también la frecuencia cardiaca basal y en la ecuación en que escoge la variable diagnóstico y CO<sub>2</sub> espirado. En otros trabajos realizados, las variables relacionadas con el estado cardiovascular también presentan capacidad pronóstica y también fueron incluidos en los modelos multivariable predictivos aunque estas variables son registradas en el periodo preoperatorio<sup>74,86,87,88,89</sup>. Además es interesante mencionar que en el árbol con lactato no se selecciona la variable lactato en el modelo final a pesar de la capacidad predictiva descrita por los autores<sup>86,90</sup>, pero sí se incluyen variables que, al igual que el lactato, están relacionadas con la perfusión como son la administración de dobutamina, hematocrito y administración de R-L, esto indicaría la mayor potencia de estas variables frente al lactato. La capacidad predictiva de los modelos

multivariable viene determinada por el área bajo la curva que presenta un valor comprendido entre 0,5 y 1, donde 1 representa un valor diagnóstico perfecto y 0,5 es una prueba sin capacidad discriminatoria pronóstica y considerando que un modelo con un área bajo la curva superior a 0,8 presenta una buena capacidad predictiva<sup>128</sup>. En nuestro caso el área bajo la curva fue similar entre la ecuación de regresión y el árbol de decisión sin lactato, siendo 0,86 en ambos casos. Sin embargo, es algo inferior en el árbol de decisión con lactato siendo 0,80 lo que se puede explicar porque el número de individuos del árbol sin lactato y la ecuación son similares, siendo el número de individuos del árbol con lactato bastante inferior. Además se podría considerar que los tres modelos desarrollados en esta tesis presentan buena capacidad predictiva.

En cuanto a la valoración de la capacidad de predicción mediante los distintos puntos de corte que determinan los pares sensibilidad/especificidad, en nuestro trabajo hemos seleccionado un punto de corte del 40% que representa una sensibilidad del 73,7% y especificidad de 86,8% para la ecuación predictiva. En el árbol sin lactato un punto de corte del 30,30% con una sensibilidad de 78,3% y especificidad de 78,4% y en el árbol con lactato un punto de corte de 33,9% con una sensibilidad de 59,5% y especificidad de 82,9%. La elección de estos puntos se ha basado en la búsqueda de los pares con mayor sensibilidad y especificidad, siendo la mayor sensibilidad-especificidad la representada en el árbol sin lactato.

Si comparamos con otros modelos de predicción de mortalidad/supervivencia realizados previamente en caballos operados de cólico, observamos que el área bajo la curva COR, así como el par sensibilidad/especificidad seleccionado, son similares a los obtenidos en nues-

tro trabajo<sup>73,93</sup>. No obstante, no se puede afirmar que un modelo predictivo presenta mayor capacidad discriminatoria que otro debido a que para ello los modelos a comparar deben ser medidos simultáneamente, sobre la misma población y contrastados contra el mismo estándar y además comparar estadísticamente las áreas bajo la curva COR mediante los sistemas estadísticos adecuados<sup>129</sup>.

## Limitaciones del estudio

---

En primer lugar se debe tener en cuenta que los estudios retrospectivos suelen presentar un cierto porcentaje de casos perdidos por falta de datos que oscila entre el 16 y el 22%<sup>77,91</sup>. En nuestro trabajo la presencia de casos perdidos es inferior a la descrita por otros autores, aunque hay caballos en los que no se registraron todos los parámetros. La variable en la que el número de datos perdidos ha sido mayor fue en la variable lactato debido a que se empezó a medir rutinariamente en el año 2010. La decisión de incluir el lactato, pese a no haber sido cuantificado desde el principio se ha debido a su importancia clínica y elevado valor pronóstico. Para poder estudiar su utilidad sin sesgar el resultado obtenido en los modelos predictivos se decidió realizar dos árboles de decisión, uno incluyendo el dato y otro sin incluir. La exclusión de esta variable del modelo final, posiblemente pudo verse influenciada por el menor número de casos y por la elevada potencia de otras variables.

Otra posible limitación es la subjetividad en la valoración de algunas variables estudiadas como el dolor, coloración de mucosas, calidad del pulso, calidad de inducción y de recuperación que aportan al estudio una variabilidad intra e interobservador desconocida.

La valoración de la calidad de la recuperación anestésica en esta tesis no ha sido ciega y esto ha podido influir en esta parte del estudio.

Por otro lado, los caballos sacrificados durante la intervención quirúrgica lo fueron a juicio del cirujano por el aspecto macroscópico del intestino y algunos caballos sacrificados en el periodo postoperatorio lo fueron por cuestiones económicas o decisiones de tratamiento. La inclusión en el modelo de caballos en las circunstancias anteriores puede representar cierto grado de sesgo.



Existe un sesgo oculto, que asumimos, de todas aquellas variables que desconocemos y que han podido influir en la evolución del proceso.

Por último, la validación de los modelos predictivos en otras poblaciones diferentes a la que ha servido para el desarrollo de los mismos, ya sea del mismo centro o de otros, permite evaluar la calidad de predicción del modelo. Para ello la muestra debe ser suficientemente numerosa para evitar las variaciones debidas al azar. En nuestro caso no se ha realizado al no contar con un grupo de validación suficientemente cuantioso, aunque en un futuro próximo esperamos poder validar este modelo en nuestro centro y en otros.

# 6

CAPÍTULO

## Conclusiones

## CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

**1** La mortalidad a corto plazo en caballos intervenidos de cólico en el HCVC fue del 39%. La edad, el grado de dolor, el estado cardiovascular y ventilatorio y la patología digestiva están asociados a la mortalidad perioperatoria.

**2** Los principales factores de riesgo asociados a la mortalidad perioperatoria en los caballos operados de cólico fueron la presencia de hipoxemia e hipotensión durante el periodo intraoperatorio.

**3** Las variables con mayor capacidad predictiva son aquellas relacionadas con el estado cardiovascular y ventilatorio, así como aquellas relacionadas con la patología digestiva.

**4** Los modelos desarrollados que, además de incluir variables prequirúrgicas y quirúrgicas, incluyen variables anestésicas, presentan una buena capacidad predictiva, y permiten establecer un pronóstico de la mortalidad de caballos intervenidos de cólico.

**5** Las variables anestésicas tienen una potencia predictiva considerable y deben ser incluidas como parámetros en la predicción de la mortalidad en caballos operados de cólico. No obstante, estudios posteriores deberán determinar si estas variables son las que mayor capacidad predictiva presentan y si los modelos desarrollados en este estudio son aplicables a otras poblaciones equinas.

# Resumen

## INTRODUCCIÓN

**E**l cólico es la causa más importante de muerte en el caballo y hasta un 17% de los individuos que lo padecen requieren tratamiento quirúrgico. Este tratamiento tiene un coste económico y emocional importante para el propietario por lo que el veterinario debe poder ofrecer un pronóstico en referencia al riesgo de mortalidad del caballo en el periodo perioperatorio.

La identificación de los factores de riesgo de mortalidad así como los modelos predictivos desarrollados hasta el momento han demostrado su utilidad y están basados principalmente en el análisis de variables preoperatorias clínicas y laboratoriales y quirúrgicas intraoperatorias. Estos estudios destacan un aumento del riesgo de muerte asociado al compromiso cardiovascular, la duración de la cirugía y la patología.

Hasta el momento no se han realizado estudios que tengan en cuenta como posibles factores de riesgo los parámetros monitorizados en el procedimiento anestésico. Estos parámetros presentan ventajas que incluyen una mayor precisión, ya que su medición no depende del criterio subjetivo de un observador, y que describen el estado cardiovascular y ventilatorio del paciente que, como se ha comprobado en el periodo preoperatorio, son factores de

riesgo de mortalidad en caballos operados de cólico. Además los modelos pronósticos de mortalidad desarrollados tampoco han tenido en cuenta dichas variables anestésicas.

## **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

Planteamos la hipótesis por la cual consideramos que la inclusión de estas variables anestésicas en los modelos pronósticos permite obtener una buena capacidad predictiva de mortalidad perioperatoria en caballos operados de cólico. Los objetivos planteados han sido determinar la mortalidad en caballos intervenidos de cólico en un centro universitario de referencia (HCVC), identificar los principales factores de riesgo y cuantificarlos y desarrollar modelos predictivos de mortalidad perioperatoria.

## **METODOLOGÍA**

En este trabajo hemos analizado las historias clínicas y registros anestésicos de 328 caballos sometidos a cirugía de cólico en el Hospital Clínico Veterinario Complutense entre los años 2005 y 2014 clasificando las variables obtenidas como prequirúrgicas, anestésicas, quirúrgicas y postquirúrgicas. Se realizó el análisis descriptivo de dichas variables y se relacionaron con la mortalidad a corto plazo. A continuación se realizó un análisis de los *Odds ratio* en relación con la mortalidad para establecer el riesgo de muerte asociado a cada variable individualmente. Por último se desarrollaron tres modelos predictivos a partir de todas las variables relacionadas con la mortalidad: un árbol de decisión y una ecuación de regresión logística y además en un grupo de caballos en los que se determinó la variable lactato (n=112) se desarrolló otro árbol de decisión específico ambos sin lactato y en aquellos caballos en los que se determinó lactato se desarrolló otro árbol de decisión específico. La valoración de la capacidad de predicción se realizó mediante la determinación del área

bajo la curva COR y se establecieron las coordenadas de esta curva que determinar los pares sensibilidad/especificidad en cada caso.

## **RESULTADOS**

La mortalidad obtenida en este estudio fue del 39% y se identificaron como variables relacionadas con el pronóstico de muerte las siguientes: edad, frecuencia cardíaca y respiratoria basal, hematocrito, proteínas plasmáticas, lactato, color de mucosas, calidad de pulso y grado de dolor como variables prequirúrgicas; frecuencia cardíaca y respiratoria, presión arterial, fracción espirada de isoflurano, CO<sub>2</sub> espirado, saturación de hemoglobina, dosis de Ringer-lactato, de hipertónico y de dobutamina, tiempos de inicio de cirugía, de inicio de anestesia, a decúbito y a estación, administración de romifidina y butorfanol y calidad de inducción y de recuperación como variables anestésicas; y por último el tiempo de cirugía y el diagnóstico y localización de la lesión como variables quirúrgicas. Las variables postquirúrgicas consideradas fueron el resultado de la intervención y la mortalidad a corto plazo, siendo esta última la variable con la que se relacionan el resto de variables.

En el análisis de los *Odds ratio* todas las variables prequirúrgicas se asociaron con un riesgo aumentado de muerte excepto la frecuencia respiratoria basal, los glóbulos blancos, la época del año en la que se realiza la intervención quirúrgica, el peso, el sexo y la raza; en el caso de las variables anestésicas también presentaron todas una asociación con el riesgo de muerte excepto la calidad de premedicación, la administración de benzodiacepinas, tiopental, plasma y lidocaina-ketamina, la duración de la cirugía y el tiempo empleado hasta la posición de decúbito. Por último el diagnóstico y localización de la lesión fueron las variables quirúrgicas asociadas al riesgo de muerte. Las variables con un mayor riesgo

asociado fueron el hematocrito ( $\leq 47\%$ ;  $OR=0,1$ ), presión arterial media ( $\leq 70$  mmHg;  $OR=10,3$ ), saturación de hemoglobina ( $\leq 95\%$ ;  $OR=20,3$ ) dosis de Ringer-lactato ( $\leq 10$  ml/kg/h;  $OR=0,1$ ) y de vasopresor ( $\leq 1$ ;  $OR=0,1$ ).

En el desarrollo de los modelos predictivos y tras la aplicación del método estadístico correspondiente fueron incluidas las variables de dosis de Ringer-lactato y de vasopresor, frecuencia cardiaca basal, presión arterial y saturación de la hemoglobina en el caso del árbol sin lactato en el que estaban incluidos todos los caballos. En el caso de la ecuación fueron incluidas las variables diagnóstico, presión arterial, CO<sub>2</sub> espirado, saturación de la hemoglobina, dosis de Ringer-lactato y de vasopresor. En el árbol de decisión en el que sólo se incluyeron los casos en los que se determinó el lactato fueron incluidas las variables dosis de vasopresor y de Ringer-lactato y hematocrito. La capacidad de predicción determinada por el área bajo la curva COR fue 0,86, 0,8 y 0,86 para los árboles de decisión sin lactato y con lactato y para la ecuación predictiva respectivamente. Los puntos de corte de la curva COR que establecen los mejores porcentajes de sensibilidad y especificidad fueron 0,30 con sensibilidad del 78% y especificidad del 78% en el árbol sin lactato, 0,30 con sensibilidad del 60 % y especificidad del 83% para el árbol con lactato y 0,40 con sensibilidad del 74% y especificidad del 87 %.

## **DISCUSIÓN**

La hipoxia y la hipotensión son los factores que mayor riesgo asociado de muerte perioperatoria presentan en nuestro estudio. Preoperatoriamente se ha observado que la edad, el grado de dolor, el estado cardiovascular y ventilatorio están asociados a la mortalidad perioperatoria. Estos resultados obtenidos reflejaron que el deterioro del estado hemodinámi-

co y cardiovascular en el momento de ingreso del caballo en el hospital como consecuencia de la endotoxemia e hipovolemia, está relacionado con un aumento de la mortalidad coincidiendo con múltiples estudios realizados. Los caballos que presentaron peores condiciones intraoperatorias relacionadas con la ventilación y el estado hemodinámico y representadas por los parámetros monitorizados en el procedimiento anestésico presentaron mayor mortalidad lo cual refleja también el estado de endotoxemia e hipovolemia en el periodo quirúrgico. Por último los caballos con patología no estrangulada y localización en intestino grueso fueron los que menor mortalidad presentaron al igual que describen otros autores. En los modelos predictivos la selección de variables para su incorporación a los modelos fue realizada según su potencia predictiva así se seleccionaron variables principalmente cardiovasculares medidas en el periodo anestésico excepto en el caso del árbol sin lactato en el que selecciona también la frecuencia cardíaca basal y en la ecuación en que escoge la variable diagnóstico y CO<sub>2</sub> espirado. En el caso del árbol en el que se incluyó la variable lactato para la realización de este modelo, finalmente no se seleccionó esta variable debido, probablemente, a la mayor potencia de las otras variables incluidas. Los árboles de decisión y la ecuación mostraron una capacidad predictiva aceptable con una sensibilidad, especificidad y un área bajo la curva similar lo que podría equiparar su capacidad predictiva aunque en el caso del árbol con lactato fue ligeramente inferior. Si comparamos con otros modelos de predicción de mortalidad/supervivencia realizados previamente en caballos operados de cólico, se observa que el área bajo la curva COR, así como el par sensibilidad/especificidad seleccionado, son similares a los obtenidos en nuestro trabajo. Aunque para poder establecer una comparación entre modelos habría que diseñarlos sobre la misma población y aplicar sistemas estadísticos adecuados.



## **CONCLUSIONES**

La edad, el grado de dolor, el estado cardiovascular y ventilatorio y la patología digestiva están asociados a la mortalidad perioperatoria, siendo los principales factores de riesgo asociados a la mortalidad perioperatoria la presencia de hipoxemia e hipotensión durante el periodo intraoperatorio.

Los modelos desarrollados que, además de incluir variables prequirúrgicas y quirúrgicas, incluyen variables anestésicas, presentan una buena capacidad predictiva, y permiten establecer un pronóstico de la mortalidad de caballos intervenidos de cólico.

Las variables anestésicas deben ser incluidas como parámetros en la predicción de la mortalidad en caballos operados de cólico. No obstante, los resultados han sido obtenidos en un único centro por lo que se necesitan más estudios que deberán determinar si los modelos predictivos desarrollados en este estudio son aplicables a otras poblaciones equinas.

# Summary

## INTRODUCTION

**C**olic is the leading cause of death in horses and up to 17% of the individuals who suffer require surgical treatment. This treatment has an important economic and emotional cost of ownership so the veterinarian should be able to offer a prognosis of the risk of mortality in the perioperative period. The identification of risk factors for mortality and predictive models developed so far have proved their usefulness and are based mainly on the analysis of preoperative clinical and laboratory, and perioperative surgical variables. These studies highlight an increased risk of death associated with the cardiovascular status, duration of surgery and pathology or disease problem causing the colic.

So far there have been no studies that consider, as potential risk factors, the parameters monitored in the perianaesthetic period. These parameters have advantages including greater precision, since its measurement does not depend on the subjective judgment of an observer, assessing the cardiovascular and ventilatory status of the patient, already considered risk factors in the preoperative period. Also prognostic mortality models developed have not taken into account variables such those gathered during the anaesthetic period.

## **HYPOTHESIS AND OBJECTIVES**

We hypothesized that the inclusion of these anaesthetic variables in the prognostic models provide a good predictive ability to estimate the mortality in horses undergoing colic surgery. The objectives were to determine the mortality rate in horses undergoing colic surgery in a university referral centre (HCVC), identify key risk factors and quantify them, and develop predictive models of perioperative mortality.

## **METHODOLOGY**

The medical records from 328 horses anaesthetised for colic surgery at the Complutense Veterinary Clinical Hospital between 2005 and 2014 were analysed. Variables obtained were classified as preoperative, anaesthetic, and surgical. The descriptive analysis of these variables was performed and related to the short-term mortality. An analysis of the odds ratio in relation with mortality was carried out to establish the risk of death associated with each variable individually. Finally, three predictive models were developed from all variables related mortality: a decision tree and logistic regression equation. Besides in a subgroup of horses where the lactate variable was determined ( $n = 112$ ), an additional specific decision tree was developed. The assessment of the predictive ability was performed by determining the area under the ROC curve and the coordinates of this curve were used to determine the sensitivity / specificity pairs in each case.

## **RESULTS**

Mortality rate in the horses from this study was 39% and the variables identified as related with the prognosis of death were the following: age, baseline heart and respiratory rates,

packed cell volume, plasma proteins, lactate, colour of mucous membranes, pulse quality and pain, as preoperative variables; heart and respiratory rates, arterial blood pressure, end tidal isoflurane and CO<sub>2</sub>, haemoglobin saturation, Ringer's lactated, hypertonic solution and dobutamine doses, surgery and anaesthesia start times, time required to regain the recumbency and standing positions, romifidine and butorphanol administration, and induction and anaesthetic recovery quality, as the anaesthetic variables; the time of surgery and the diagnosis and localization of the lesion were considered the surgical variables. Finally, only two post-surgical variables were considered and were the result of the surgical procedure and the short-term mortality, the latter being the variable to be compared with the other variables.

All preoperative variables were associated (odds ratio) with an increased risk of death except the baseline respiratory rate, white blood cell count, the season in which the surgery was performed, weight, sex and race. For the anaesthetic variables, an association with the risk of dead was found with all variables with the exception of the quality of sedation, administration of benzodiazepines, thiopental, plasma and lidocaine-ketamine, duration of surgery and the time taken until the regain the recumbency position. Finally, the diagnosis and localization of the lesion were the surgical variables associated with risk of death. The variables associated with a higher risk were packed cell volume ( $\leq 47\%$ ;  $OR = 0.1$ ), mean arterial pressure ( $\leq 70$  mmHg;  $OR = 10.3$ ), haemoglobin saturation ( $\leq 95\%$ ;  $OR = 20.3$ ), and the dose of Ringer's lactate ( $\leq 10$  ml / kg / h;  $OR = 0.1$ ) and the vasopressor dobutamine ( $\leq 1$ ;  $OR = 0.1$ ).

In the development of predictive models and after application of the appropriate statistical method, the variables included were the dose of Ringer's lactate and vasopressor, baseline

heart rate, arterial blood pressure, and haemoglobin saturation (all horses). For the equation the following variables were selected as diagnostic variables: arterial blood pressure, end tidal CO<sub>2</sub>, haemoglobin saturation, and the dose of Ringer's lactated and vasopressor. In the decision tree in which only the cases where the lactate were determined, the selected variables were the dose Ringer's lactate and vasopressor, and the packed cell volume. The prediction capacity determined by the area under the ROC curve was 0.86 for both decision tree and the equation considering all horses. A predictive capacity of 0.8 was determined in the subgroup of horses where lactate was determined. The cutoff points of the ROC curve to establish the best sensitivity and specificity rates were 0.30, with 78% sensitivity and 78% specificity for the decision tree involving all horses, and 0.30 with 60% sensitivity and 83% specificity or 0.40 with 74% sensitivity and 87% specificity for the subgroup of horses where lactate was determined.

## **DISCUSSION**

Hypoxia and hypotension are factors associated with the highest increased risk of perioperative death presented in our study. Preoperatively age, pain level, cardiovascular and respiratory status were associated with mortality. These results suggest an impaired hemodynamic and cardiovascular status at the time of admission to the hospital, likely because of endotoxemia and hypovolemia. Horses that had worse intraoperative ventilatory and hemodynamic status, as determined through the monitored parameters in the anaesthetic period, showed higher mortality that also suggests the development of endotoxemia and hypovolemia in surgical period. Finally, horses with no strangulated intestinal pathology, or where the affected region was the large bowel, had a lower mortality rate. For the predictive models, the selection of variables was performed according to their predictive power.

er, and mainly involved those related with the cardiovascular status. However, for the equation the diagnosis and end-tidal CO<sub>2</sub> variables were also considered. In the subgroup of horses where lactated was determined baseline heart rate was also considered, but not the variable lactate itself, probably due to the higher predictive power of the other variables considered. The decision trees and the equation showed an acceptable predictive capacity with a similar sensitivity, specificity, and area under the curve. The area under the ROC curve and the sensitivity / specificity pairs selected are similar to those previously determined, although a limitation to such comparison is that in order to establish a comparison between predictive models, they should be developed with the same population.

## **CONCLUSIONS**

The mortality rate observed in horses undergoing colic was 39%, and were associated with variables such as age, degree of pain, cardiovascular and respiratory status, and intestinal disease originating the colic syndrome. In any case, the main risk factors associated with increased perioperative mortality were the presence of intraoperative hypoxemia and hypotension. For this reason, the best predictive models included variables related with cardiovascular and respiratory status gathered during the anaesthetic period and should be included when predicting mortality in horses undergoing colic surgery. However, results have been obtained in a single centre so further studies should determine whether the developed predictive models are applicable to other horse populations.

# BIBLIOGRAFÍA

1. Ng-Kamstra, J. S. y col. Use and definitions of perioperative mortality rates in low-income and middle-income countries: a systematic review. *Lancet (London, England)* **385 Suppl** , S29 (2015).
2. Senior, J. M. Morbidity, mortality, and risk of general anesthesia in horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* **29**, 1–18 (2013).
3. Dohoo Martin, W., Stryhn, H. *Veterinary Epidemiologic Research*. 2<sup>nd</sup> edition. VER inc. Prince Edward Island. 75-82 ( 2009).
4. Moons, K. G. M. y col. Risk prediction models: I. Development, internal validation, and assessing the incremental value of a new (bio)marker. *Heart* **98**, 683–90 (2012).
5. Morris, M. J., Molli, R. G., Berend, K. R. y Lombardi, A. V. Mortality and perioperative complications after unicompartmental knee arthroplasty. *Knee* **20**, 218–20 (2013).
6. Geisbüsch, P., Kotelis, D., Weber, T. F., Hyhlik-Dürr, A. y Böckler, D. Endovascular repair of ruptured thoracic aortic aneurysms is associated with high perioperative mortality and morbidity. *J. Vasc. Surg.* **51**, 299–304 (2010).
7. Cohen, M. M. Does Anesthesia Contribute to Operative Mortality? *JAMA J. Am. Med. Assoc.* **260**, 2859 (1988).
8. Tiret, L., Hatton, F., Desmonts, J. M. y Vourc'h, G. Prediction of outcome of anaesthesia in patients over 40 years: A multifactorial risk index. *Stat. Med.* **7**, 947–954 (1988).
9. Edwards, A. E., Seymour, D. G., McCarthy, J. M. y Crumplin, M. K. A 5-year survival study of general surgical patients aged 65 years and over. *Anaesthesia* **51**, 3–10 (1996).
10. Cook, T. M. y Day, C. J. Hospital mortality after urgent and emergency laparotomy in patients aged 65 yr and over. Risk and prediction of risk using multiple logistic

- regression analysis. *Br. J. Anaesth.* **80**, 776–81 (1998).
11. El-Haddawi, F., Abu-Zidan, F. M. y Jones, W. Factors affecting surgical outcome in the elderly at Auckland Hospital. *ANZ J. Surg.* **72**, 537–541 (2002).
  12. Arenal, J. J. y Bengoechea-Beeby, M. Mortality associated with emergency abdominal surgery in the elderly. *Can. J. Surg.* **46**, 111–6 (2003).
  13. Zalieckas, J. M. y Roberts, P. L. T1706 Morbidity and Mortality Associated with Emergency Abdominal Surgery in the Elderly. *Gastroenterology* **134**, A–881 (2008).
  14. Svenningsen, P., Manoharan, T., Foss, N. B., Lauritsen, M. L. y Bay-Nielsen, M. Increased mortality in the elderly after emergency abdominal surgery. *Dan. Med. J.* **61**, A4876 (2014).
  15. Lunn, J. y Mushin, W. Mortality associated with anaesthesia. *Nuffield Provincial Hospitals Trust* **4**, 611–631 (1982).
  16. Tikkanen, J. y Hovi-Viander, M. Death associated with anaesthesia and surgery in Finland in 1986 compared to 1975. *Acta Anaesthesiol. Scand.* **39**, 262–267 (1995).
  17. Eagle, C. y Davis, N. Report of the Anaesthetic Mortality Committee of Western Australia 1990–1995. *Anaesth. Intensive Care* **25**, 51 – 59 (1997).
  18. Biboulet, P., Aubas, P., Dubourdieu, J. y Rubenovitch, J. Fatal and non fatal cardiac arrests related to anesthesia. *Can. J. Anesth.* **48**, 326 – 332 (2001).
  19. Buck, N., Devlin, H. y Lunn, J. The report of a confidential enquiry into perioperative deaths. *Nuffield Provincial Hospitals Trust and King's Fund* (1987).
  20. Le Gall, J. R., Lemeshow, S. & Saulnier, F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA* **270**, 2957–63 (1993).
  21. Knaus, W. A., Zimmerman, J. E., Wagner, D. P., Draper, E. A. y Lawrence, D. E. APACHE-acute physiology and chronic health evaluation: a physiologically based classification system. *Crit. Care Med.* **9**, 591–7 (1981).



22. Lemeshow, S. Mortality Probability Models (MPM II) Based on an International Cohort of Intensive Care Unit Patients. *JAMA J. Am. Med. Assoc.* **270**, 2478 (1993).
23. Prytherch, D. R. y col. POSSUM and Portsmouth POSSUM for predicting mortality. Physiological and Operative Severity Score for the enUmeration of Mortality and morbidity. *Br. J. Surg.* **85**, 1217–20 (1998).
24. Papachristou, G. I. y col. Comparison of BISAP, Ranson's, APACHE-II, and CTSI scores in predicting organ failure, complications, and mortality in acute pancreatitis. *Am. J. Gastroenterol.* **105**, 435–41; quiz 442 (2010).
25. Shann, F., Pearson, G., Slater, A. y Wilkinson, K. Paediatric index of mortality (PIM): a mortality prediction model for children in intensive care. *Intensive Care Med.* **23**, 201–207 (1997).
26. Muthappan, P., Rogers, A. y Eagle, K. Using the GRACE risk scores in everyday practice. *Am. J. Med.* **125**, 144–7 (2012).
27. Wendelburg, K. M., O'Toole, T. E., McCobb, E. y Price, L. L. Risk factors for perioperative death in dogs undergoing splenectomy for splenic masses: 539 cases (2001-2012). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **245**, (2014).
28. Obradovich, J., Withrow, S., Powers, B. y Walshaw, R. Carotid-body tumors in the dog - 11 cases (1978-1988). *J. Vet. Intern. Med.* **6**, 96 – 101 (1992).
29. Glickman, L. T., Glickman, N. W., Pérez, C. M., Schellenberg, D. B. y Lantz, G. C. Analysis of risk factors for gastric dilatation and dilatation-volvulus in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **204**, 1465–71 (1994).
30. Brockman, D. J., Washabau, R. J. y Drobatz, K. J. Canine gastric dilatation/volvulus syndrome in a veterinary critical care unit: 295 cases (1986-1992). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **207**, 460–4 (1995).
31. Brouman, J., Schertel, E., Allen, D. y Birchard, S. Factors associated with perioperative mortality in dogs with surgically managed gastric dilatation-volvulus: 137 cases (1988-1993). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **208**, 1855 – 1858 (1996).

32. de Papp, E., Drobatz, K. J. y Hughes, D. Plasma lactate concentration as a predictor of gastric necrosis and survival among dogs with gastric dilatation-volvulus: 102 cases (1995-1998). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **215**, 49–52 (1999).
33. Beck, J. J. y col. Risk factors associated with short-term outcome and development of perioperative complications in dogs undergoing surgery because of gastric dilatation-volvulus: 166 cases (1992–2003). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **229**, 1934–1939 (2006).
34. Brodbelt, D. C. y col. The risk of death: the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities. *Vet. Anaesth. Analg.* **35**, 365–73 (2008).
35. Clarke, K. W. y Hall, L. W. A survey of anaesthesia in small animal practice: AVA/BSAVA report. *Vet. Anaesth. Analg.* **17**, 4–10 (1990).
36. Dodman, N. y Lamb, L. Survey of small animal anesthetic practice in Vermont. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* **28**, 439 – 445 (1992).
37. Dyson, D. y Maxie, M. Morbidity and mortality associated with anesthetic management in small animal veterinary practice in Ontario. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* **34**, 325 – 335 (1998).
38. Joubert, K. E. Routine veterinary anaesthetic management practices in South Africa. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* **71**, 166–172 (2000).
39. Brodbelt, D. C., Hammond, R., Tuminaro, D., Pfeiffer, D. U. y Wood, J. L. N. Risk factors for anaesthetic-related death in referred dogs. *Vet. Rec.* **158**, 563–4 (2006).
40. Brodbelt, D. C., Pfeiffer, D. U., Young, L. E. y Wood, J. L. N. Risk factors for anaesthetic-related death in cats: results from the confidential enquiry into perioperative small animal fatalities (CEPSAF). *Br. J. Anaesth.* **99**, 617–23 (2007).
41. Robinson, R., Chang, Y.-M., Seymour, C. J. y Pelligand, L. Predictors of outcome in dogs undergoing thoracic surgery (2002-2011). *Vet. Anaesth. Analg.* **41**, 259–68 (2014).
42. Hayes, G. y col. The acute patient physiologic and laboratory evaluation (APPLE) score: a severity of illness stratification system for hospitalized dogs. *J. Vet. Intern. Med.* **24**, 1034–47

43. Rockar, R. A., Drobatz, K. S. y Shofer, F. S. Development Of A Scoring System For The Veterinary Trauma Patient. *J. Vet. Emerg. Crit. Care* **4**, 77–83 (1994).
44. Platt, S. R., Radaelli, S. T. y McDonnell, J. J. The prognostic value of the modified Glasgow Coma scale in head trauma in dogs. *J. Vet. Intern. Med.* **15**, 581 – 584 (2001).
45. Veronesi, M. C., Panzani, S., Faustini, M. y Rota, A. An Apgar scoring system for routine assessment of newborn puppy viability and short-term survival prognosis. *Theriogenology* **72**, 401–7 (2009).
46. Mitchell, B. Equine Anaesthesia: an Assessment of Techniques Used in Clinical Practice. *Equine Vet. J.* **1**, 261–275 (1969).
47. Tevik, A. The role of anesthesia in surgical mortality in horses. *Nord. Vet. Med.* **35**, 175–9 (1983).
48. Clarke, K. y Gerring, E. Detomidine as a sedative and premedicant in the horse (1985-90). in *AAEP* 629–635 (1990).
49. Young, S. S. y Taylor, P. M. Factors influencing the outcome of equine anaesthesia: a review of 1,314 cases. *Equine Vet. J.* **25**, 147–51 (1993).
50. Mee, a M., Cripps, P. J. y Jones, R. S. A retrospective study of mortality associated with general anaesthesia in horses: emergency procedures. *Vet. Rec.* **142**, 307–309 (1998).
51. Mee, a M., Cripps, P. J. y Jones, R. S. A retrospective study of mortality associated with general anaesthesia in horses: elective procedures. *Vet. Rec.* **142**, 275–276 (1998).
52. Johnston, G. M., Taylor, P. M., Holmes, M. A. y Wood, J. L. N. Confidential enquiry of perioperative equine fatalities (CEPEF-1): preliminary results. *Equine Vet. J.* **27**, 193–200 (1995).
53. Johnston, G. y Eastment, J. The confidential enquiry into perioperative equine fatalities (CEPEF): mortality results of Phases 1 and 2. *Vet. Anaesth. Analg.* **29**,

159–70 (2002).

54. Johnston, G. M., Eastment, J. K., Taylor, P. M. y Wood, J. L. N. Is isoflurane safer than halothane in equine anaesthesia? Results from a prospective multicentre randomised controlled trial. *Equine Vet. J.* **36**, 64–71 (2004).
55. Tinker, M. K. y col. Prospective study of equine colic risk factors. *Equine Vet. J.* **29**, 454–458 (1997).
56. Tinker, M. K. y col. Prospective study of equine colic incidence and mortality. *Equine Vet. J.* **29**, 448–453 (1997).
57. Leblond, A., Villard, I., Leblond, L., Sabatier, P. y Sasco, A. J. A Retrospective Evaluation of the Causes of Death of 448 Insured French Horses in 1995. *Vet. Res. Commun.* **24**, 85–102
58. Traub-Dargatz, J. L. y col. Estimate of the national incidence of and operation-level risk factors for colic among horses in the United States, spring 1998 to spring 1999. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **219**, 67–71 (2001).
59. Hillyer, M. H., Taylor, F. G. y French, N. P. A cross-sectional study of colic in horses on thoroughbred training premises in the British Isles in 1997. *Equine Vet. J.* **33**, 380–5 (2001).
60. Egenvall, A., Penell, J., Bonnett, B. N., Blix, J. y Pringle, J. Demographics and costs of colic in Swedish horses. *J. Vet. Intern. Med.* **22**, 1029–37
61. Mair, T. Evaluación clínica del paciente con cólico. En: *Manual de gastroenterología equina*. Ed. Intermédica. Buenos Aires. 127–170 (2003).
62. Proudman, C. J. A two year, prospective survey of equine colic in general practice. *Equine Vet. J.* **24**, 90–93 (1992).
63. Marshall, D. Equine Colic. in *AAEP* **52**, 109–114 (2006).
64. Kaneene, J. B. y col. Risk factors for colic in the Michigan (USA) equine population. *Prev. Vet. Med.* **30**, 23–36 (1997).

65. Mehdi, S. y Mohammad, V. A farm-based prospective study of equine colic incidence and associated risk factors. *J. Equine Vet. Sci.* **26**, 171–174 (2006).
66. Proudman, C. J., Smith, J. E., Edwards, G. B. y French, N. P. Long-term survival of equine surgical colic cases. Part 2: modelling postoperative survival. *Equine Vet. J.* **34**, 438–443 (2002).
67. McCarthy, R. N. y Hutchins, D. R. Survival rates and post-operative complications after equine colic surgery. *Aust. Vet. J.* **65**, 40–43 (1988).
68. Proudman, C. J. y col. Pre-operative and anaesthesia-related risk factors for mortality in equine colic cases. *Vet. J.* **171**, 89–97 (2006).
69. Sutton, G. a, Ertzman-Ginsburg, R., Steinman, a y Milgram, J. Initial investigation of mortality rates and prognostic indicators in horses with colic in Israel: a retrospective study. *Equine Vet. J.* **41**, 482–486 (2009).
70. Pascoe, P. J., McDonell, W. N., Trim, C. M. y Van Gorder, J. Mortality rates and associated factors in equine colic operations - a retrospective study of 341 operations. *Can. Vet. J.* **24**, 76–85 (1983).
71. Mair, T. S. y Smith, L. J. Survival and complication rates in 300 horses undergoing surgical treatment of colic. Part 4: Early (acute) relaparotomy. *Equine Vet. J.* **37**, 315–318 (2005).
72. Wormstrand, B. y Ihler, C. Surgical treatment of equine colic-a retrospective study of 297 surgeries in Norway 2005–2011. *Acta Vet. ...* **56**, 1–9 (2014).
73. Ihler, C. F., Venger, J. L. y Skjerve, E. Evaluation of clinical and laboratory variables as prognostic indicators in hospitalised gastrointestinal colic horses. *Acta Vet. Scand.* **45**, 109–118 (2004).
74. Stephen, J. O., Corley, K. T. T., Johnston, J. K. y Pfeiffer, D. Factors associated with mortality and morbidity in small intestinal volvulus in horses. *Vet. Surg.* **33**, 340–8 (2004).
75. Radcliffe, R. M., Divers, T. J., Fletcher, D. J., Mohammed, H. y Kraus, M. S. Evaluation of L-lactate and cardiac troponin I in horses undergoing emergency abdominal surgery. *J. Vet. Emerg. Crit. Care (San Antonio)*. **22**, 313–9 (2012).

76. Abutarbush, S. M., Carmalt, J. L. y Shoemaker, R. W. Causes of gastrointestinal colic in horses in western Canada: 604 cases (1992 to 2002). *Can. Vet. J.* **46**, 800–805 (2005).
77. Phillips, T. J. y Walmsley, J. P. Retrospective analysis of the results of 151 exploratory laparotomies in horses with gastrointestinal disease. *Equine Vet. J.* **25**, 427–431 (1993).
78. Muñoz, E., Argüelles, D., Areste, L., Miguel, L. S. y Prades, M. Retrospective analysis of exploratory laparotomies in 192 Andalusian horses and 276 horses of other breeds. *Vet. Rec.* **162**, 303–306 (2008).
79. Proudman, C. J., Smith, J. E., Edwards, G. B. y French, N. P. Long-term survival of equine surgical colic cases. Part 1: patterns of mortality and morbidity. *Equine Vet. J.* **34**, 432–437 (2002).
80. Freeman, D. E. y col. Short- and long-term survival and prevalence of postoperative ileus after small intestinal surgery in the horse. *Equine Vet. J.* **32**, 42–51 (2010).
81. McDonald, M. H., Pascoe, J. R., Stover, S. M. y Meagher, D. M. Survival after Small Intestine Resection and Anastomosis in Horses. *Vet. Surg.* **18**, 415–423 (1990).
82. Bidwell, L. a., Bramlage, L. R. y Rood, W. a. Equine perioperative fatalities associated with general anaesthesia at a private practice - A retrospective case series. *Vet. Anaesth. Analg.* **34**, 23–30 (2007).
83. Dugdale, a. H. a, Langford, J., Mark, J. y Proudman, C. J. The effect of inotropic and/or vasopressor support on postoperative survival following equine colic surgery. *Vet. Anaesth. Analg.* **34**, 82–88 (2007).
84. Morton, A. J. y Blikslager, A. T. Surgical and postoperative factors influencing short-term survival of horses following small intestinal resection: 92 cases (1994–2001). *Equine Vet. J.* **34**, 450–454 (2010).
85. Puotunen-Reinert, A. Study of variables commonly used in examination of equine colic cases to assess prognostic value. *Equine Vet. J.* **18**, 275–277 (1986).

86. Orsini, J. A., Elser, A. H., Galligan, D. T., Donawick, W. J. y Kronfeld, D. S. Prognostic index for acute abdominal crisis (colic) in horses. *Am. J. Vet. Res.* **49**, 1969–71 (1988).
87. Reeves, M. J., Curtis, C. R., Salman, M. D. y Hilbert, B. J. Prognosis in equine colic patients using multivariable analysis. *Can. J. Vet. Res.* **53**, 87–94 (1989).
88. Reeves, M. J., Curtis, C. R., Salman, M. D., Reif, J. S. y Stashak, T. S. A multivariable prognostic model for equine colic patients. *Prev. Vet. Med.* **9**, 241–257 (1990).
89. Reeves, M. J., Curtis, C. R., Salman, M. D., Stashak, T. S. y Reif, J. S. Validation of logistic regression models used in the assessment of prognosis and the need for surgery in equine colic patients. *Prev. Vet. Med.* **13**, 155–172 (1992).
90. Furr, M. O., Lessard, P. y White, N. A. Development of a colic severity score for predicting the outcome of equine colic. *Vet. Surg.* **24**, 97–101
91. Grulke, S. y col. Determination of a Gravity and Shock Score for Prognosis in Equine Surgical Colic. *J. Vet. Med. Ser. A Physiol. Pathol. Clin. Med.* **48**, 465–473 (2001).
92. Thoenes, M. B., Ersbøll, A. K. y Hesselholt, M. Prognostic indicators in a Danish hospital-based population of colic horses. *Equine Vet. J.* **32**, 11–18 (2010).
93. Roberto, V. G. Modelo multivariable, prequirúrgico e intraoperatorio para la predicción de la supervivencia a corto plazo en caballos intervenidos de cólico. (2009).
94. Orsini, J. A. Apéndice II. En: *Manual de urgencias en la clínica equina*. Ed. Harcourt. Madrid. 675–700 (2000).
95. Hubbell, J. y Muir, W. W. Monitoring Anesthesia. En: *Equine Anesthesia. Monitoring and Emergency Therapy*. Ed. Saunders elsevier. St. Louis. 149–166 (2009).
96. van der Linden, M. a, Laffont, C. M. y Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M. Prognosis in equine medical and surgical colic. *J. Vet. Intern. Med.* **17**, 343–348

(2003).

97. Jones, R. S. Editorial II. Comparative mortality in anaesthesia. *Br. J. Anaesth.* **87**, 813–814 (2001).
98. Furr, M., Lessard, P. y II, N. Development of a colic severity score for predicting the outcome of equine colic. *Vet. Surg.* (1995).
99. Moore, J. N., Owen, R. ap R. & Lumsden, J. H. Clinical Evaluation of Blood Lactate Levels in Equine Colic. *Equine Vet. J.* **8**, 49–54 (1976).
100. Latson, K. M., Nieto, J. E., Beldomenico, P. M. y Snyder, J. R. Evaluation of peritoneal fluid lactate as a marker of intestinal ischaemia in equine colic. *Equine Vet. J.* **37**, 342–6 (2005).
101. Johnston, K., Holcombe, S. J. y Hauptman, J. G. Plasma lactate as a predictor of colonic viability and survival after 360 degrees volvulus of the ascending colon in horses. *Vet. Surg.* **36**, 563–7 (2007).
102. Mair, T. Evaluación clínica del paciente con cólico. En: *Manual de gastroenterología equina*. Ed. Intermédica. Buenos Aires. 127–170.(2003)
103. Parry, B. W., Anderson, G. A. y Gay, C. C. Prognosis in equine colic: A study of individual variables used in case assessment. *Equine Vet. J.* **15**, 337–344 (1983).
104. England, G. & Clarke, K. Alpha 2 adrenoceptor agonists in the horse—A review. *Br. Vet. J.* **152**, 641-657 (1996).
105. Grandy, J. L., Steffey, E. P., Hodgson, D. S. & Woliner, M. J. Arterial hypotension and the development of postanesthetic myopathy in halothane-anesthetized horses. *Am. J. Vet. Res.* **48**, 192–7 (1987).
106. Mosley Craig. Fluids, Electrolytes, and Acid-Base. En: *Manual of equine anesthesia and analgesia*. Ed. Blackwell. Oxford. 86–104 (2006).
107. Donaldson, L. L. Retrospective Assessment of Dobutamine Therapy for Hypotension in Anesthetized Horses. *Vet. Surg.* **17**, 53–57 (1988).



108. Valverde, a, Gunkelt, C., Doherty, T. J., Giguère, S. y Pollak, a S. Effect of a constant rate infusion of lidocaine on the quality of recovery from sevoflurane or isoflurane general anaesthesia in horses. *Equine Vet. J.* **37**, 559–564 (2005).
109. Swanson, C. R., Muir, W. W., Bednarski, R. M., Skarda, R. T. y Hubbell, J. A. Hemodynamic responses in halothane-anesthetized horses given infusions of dopamine or dobutamine. *Am. J. Vet. Res.* **46**, 365–70 (1985).
110. Rasis, a L. y col. A comparison of the haemodynamic effects of isoflurane and halothane anaesthesia in horses. *Equine Vet. J.* **32**, 318–326 (2000).
111. Lee, Y. H., Clarke, K. W., Alibhai, H. I. y Song, D. Effects of dopamine, dobutamine, dopexamine, phenylephrine, and saline solution on intramuscular blood flow and other cardiopulmonary variables in halothane-anesthetized ponies. *Am. J. Vet. Res.* **59**, 1463–72 (1998).
112. Gehlen, H. y col. Effects of two different dosages of dobutamine on pulmonary artery wedge pressure, systemic arterial blood pressure and heart rate in anaesthetized horses. *J. Vet. Med. A. Physiol. Pathol. Clin. Med.* **53**, 476–80 (2006).
113. Hubbell, J. y Muir, W. W. Anesthetic-Associated Complications. En: *Equine Anesthesia. Monitoring and Emergency Therapy*. Ed. Saunders elsevier. St. Louis. 397–415 (2009).
114. Gasthuys, F., Moor, A. y Parmentier, D. Haemodynamic Effects of Change in Position and Respiration Mode during a Standard Halothane Anaesthesia in Ponies. *J. Vet. Med. Ser. A* **38**, 203–211 (1991).
115. Day, T. K., Gaynor, J. S., Muir, W. W., Bednarski, R. M. y Mason, D. E. Blood gas values during intermittent positive pressure ventilation and spontaneous ventilation in 160 anesthetized horses positioned in lateral or dorsal recumbency. *Vet. Surg.* **24**, 266–76
116. Wilson, D. V y McFeely, A. M. Positive end-expiratory pressure during colic surgery in horses: 74 cases (1986-1988). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* **199**, 917–21 (1991).
117. Wagner, A. E., Bednarski, R. M. y Muir, W. W. Hemodynamic effects of carbon dioxide during intermittent positive-pressure ventilation in horses. *Am. J. Vet. Res.* **51**, 1922–9 (1990).

118. Cribb, P. H. Capnographic Monitoring during Anesthesia with Controlled Ventilation in the Horse. *Vet. Surg.* **17**, 48–52 (1988).
119. Steffey, E. P. y Howland, D. Comparison of circulatory and respiratory effects of isoflurane and halothane anesthesia in horses. *Am. J. Vet. Res.* **41**, 821–5 (1980).
120. Hubbell, J. y Muir, W. W. Complications for Induction, Maintenance, and Recovery. En: *Equine Anesthesia. Monitoring and Emergency Therapy*. Ed. Saunders elsevier. St. Louis. 381–395 (2009).
121. Voulgaris, D. A. y Hofmeister, E. H. Multivariate analysis of factors associated with post-anesthetic times to standing in isoflurane-anesthetized horses: 381 cases. *Vet. Anaesth. Analg.* **36**, 414–20 (2009).
122. Santos, M. y col. Effects of alpha-2 adrenoceptor agonists during recovery from isoflurane anaesthesia in horses. *Equine Vet. J.* **35**, 170–175 (2003).
123. Matthews, N. S. y Lindsay, S. L. Effect of low-dose butorphanol on halothane minimum alveolar concentration in ponies. *Equine Vet. J.* **22**, 325–327 (1990).
124. Hofmeister, E. H., Mackey, E. B. y Trim, C. M. Effect of butorphanol administration on cardiovascular parameters in isoflurane-anesthetized horses - a retrospective clinical evaluation. *Vet. Anaesth. Analg.* **35**, 38–44 (2008).
125. Sellon, D. C., Monroe, V. L., Roberts, M. C. y Papich, M. G. Pharmacokinetics and adverse effects of butorphanol administered by single intravenous injection or continuous intravenous infusion in horses. *Am. J. Vet. Res.* **62**, 183–189 (2001).
126. Mair, T. Otras enfermedades. En: *Manual de gastroenterología equina*. Ed. Intermédica. Buenos Aires. 371–425 (2003).
127. Reeves, M. J., Curtis, C. R., Salman, M. D., Reif, J. S. y Stashak, T. S. A multivariable prognostic model for equine colic patients. *Prev. Vet. Med.* **9**, 241–257 (1990).
128. Bruguero, García-Blastos y González-Buitrago. Las curvas ROC en la evaluación de las pruebas diagnósticas. *Med. Clin. (Barc)*. **104**, 661–9 (1995).

129. Cerda, J. y Cifuentes, L. Using ROC curves in clinical investigation: theoretical and practical issues. *Rev. Chilena Infectol.* **29**, 138–41 (2012).
130. AP, C. Introducción a las técnicas estadísticas aplicadas a ciencias de la salud. *Biblioteca de software científico. Apoyo a la investigación de los servicios informáticos de la Universidad Complutense de Madrid.* (2009).
131. Rokach, L. & Maimon, O. Introduction to decision trees. En: *Data Mining with Decision Trees*. Ed. World Scientific Pub Co. 1-11.(2003)